᠁

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 NOVEMBRE 1953.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE CHEVALIER, puis de M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *Sur la probabilité d'une bifurcation précoce du phylum humain au voisinage immédiat de ses origines.* Note (*) de M. **PIERRE TEILHARD DE CHARDIN.**

En août et septembre derniers (1953), je suis retourné en Afrique du Sud et j'ai été surpris de constater, au cours de cette visite, à quel point, en l'espace de deux ans, les recherches paléoanthropologiques avaient gagné dans cette partie du monde, en intensité, en organisation, en précision, et aussi en puissance d'intérêt.

Fait désormais bien établi que les Australopithécinés représentent un groupe autonome et extrêmement progressif d'Anthropomorphes, auxquels peut avec justesse être appliqué le nom de *Para-hominiens*.

Preuve nouvelle apportée par la récente découverte de l'Homme de Saldanha (près Capetown) qu'une frange de formes « néanderthaloïdes » (c'est-à-dire *para-sapiens*) se maintenait encore en Afrique, autour d'un noyau (présumé) de formes *sapiens* (ou du moins *prae-sapiens*), vers le milieu et la fin du Pléistocène.

Individualité toujours mieux marquée d'une phase culturelle très ancienne (galets éclatés, « pebble industry ») partout sous-jacente à la grande période des bifaces, au Sud du Sahara.

A ces différents traits (et à d'autres encore), il s'avère de plus en plus clairement que le continent africain a fonctionné dans l'ensemble, au Pléistocène inférieur, comme un centre de première importance dans l'histoire des origines humaines [1].

(*) Séance du 16 novembre 1953.

[1] En même temps que, par son diverticule austral, il servait de refuge aux formes archaïques (Australopithèques et autres) successivement refoulées en périphérie par les progrès de l'hominisation.

Mais ce centre, si actif qu'il ait été, doit-il être regardé comme *le seul et unique* foyer d'hominisation actuellement reconnaissable à la surface de la Terre ? Telle est la question que je voudrais soulever ici.

Chez les paléoanthropologistes une tendance se manifeste en ce moment à *identifier* simplement entre eux Australopithèques (Afrique) et Méganthropes (Java), Télanthrope (Afrique) et Pithécanthrope (Java), *Homo rhodesiensis* (Afrique) et *H. soloensis* (Java), comme si la nappe humaine toute entière (vivante et fossile) se déployait autour d'un axe unique d'évolution.

Cette simplification tentante me paraît être présentement une source de difficultés et de confusion.

Dans l'état actuel de nos connaissances, la meilleure façon de grouper les Hominiens et Parahominiens du Pléistocène inférieur ne serait-elle pas de les distribuer, non pas autour d'un seul, mais autour de *deux* centres (ou axes) d'évolution (l'un situé en Afrique orientale, l'autre en Indomalaisie) : chacun de ces deux centres (ou axes) possédant *ses anneaux propres* de formes successivement « australopithécoïdes », « pithécanthropoïdes » et « néanderthaloïdes »; mais un seul des deux (le centre africain) ayant réussi à dépasser (sans avorter) le stade néanderthaloïde, et à émerger planétairement sous forme d'*Homo sapiens* ?

Tel est le schème, en tous cas, auquel, soit en Extrême-Orient, soit en Afrique, je me trouve continuellement ramené par mes études sur le terrain

Pour satisfaire aux données de l'expérience ([2]), les deux centres en question, je m'empresse d'ajouter, ne sauraient être regardés comme radicalement indépendants l'un de l'autre, mais plutôt comme résultant de la rupture précoce d'un front originellement continu d'évolution ([3]). L'hypothèse ici présentée reste donc fidèle, au fond, à la notion d'une Humanité monophylétique. Mais elle nous rappelle opportunément que si, grâce aux généticiens, nous commençons à comprendre par quel mécanisme élémentaire se forment les Espèces, en revanche nous n'avons encore que des idées extêmement vagues sur les contours, la structure, la « morphologie » d'un phylum à ses origines, et plus généralement sur tout ce qu'on pourrait appeler *les figures* (ou « patterns ») *de Spéciation*.

([2]) C'est-à-dire pour rendre compte du remarquable parallélisme et du remarquable synchronisme observables dans le processus d'hominisation, soit en Afrique, soit en Indomalaisie.

([3]) *Cf.* l'apparition simultanée — aux deux extrémités de l'Ancien Monde — de deux groupes distincts d'Antilopes strepsicères, en Afrique et en Asie (Chine), au Pliocène.

IMMUNOLOGIE. — *A l'occasion du trentième anniversaire de la découverte de l'anatoxine diphtérique et du principe des anatoxines et des vaccinations anatoxiques.* Note de M. **Gaston Ramon**.

Le 10 décembre 1923, dans une Note présentée, en notre nom, devant l'Académie des Sciences ([1]) par Émile Roux qui avait découvert, trente-cinq années auparavant, la *toxine diphtérique* ([2]), nous annoncions que cette toxine, qui sous l'influence de l'aldéhyde formique et de la chaleur *a perdu complètement sa nocivité*, mais qui, par contre, *a conservé intégralement son aptitude à floculer en présence de l'antitoxine spécifique, est capable de provoquer, chez l'animal d'expériences, l'apparition et le développement de l'immunité.*

C'est à cette toxine ainsi transformée et possédant ces propriétés caractéristiques : innocuité totale, pouvoir floculant et pouvoir immunisant, qu'était donné le nom d'*anatoxine*, nom choisi d'accord avec Émile Roux lui-même.

Dans cette même Note, après avoir donné, à l'appui de nos affirmations, quelques résultats expérimentaux, nous précisions : « De très nombreux essais comparatifs de floculation *in vitro* et d'immunisation *in vivo* (chez le Cobaye en particulier), nous ont permis de constater qu'une anatoxine se montre d'autant plus immunisante qu'elle flocule en présence d'une plus grande quantité d'antitoxine et plus rapidement : l'activité floculante peut donc servir à mesurer le pouvoir immunisant ».

Nous concluions : « *L'anatoxine trouve naturellement son emploi dans l'immunisation et l'hyperimmunisation des animaux; de plus, grâce à son innocuité* (vérifiée en premier lieu sur nous-même) ([3]) *et au degré très élevé d'immunité qu'elle est capable de conférer, elle paraît également indiquée pour la vaccination antidiphtérique de l'enfant* ».

Toujours dans cette même Note du 10 décembre 1923, nous mentionnions que : « des expériences encore en cours nous permettent d'affirmer dès maintenant que ce que nous venons de dire de la toxine diphtérique est applicable avec quelques modifications de détail à *d'autres toxines :* la toxine tétanique en particulier ».

Antérieurement à cette communication princeps à l'Académie des Sciences, nous avions fait connaître le *phénomène de floculation* dans les

---

([1]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **177**, 1927, p. 1338. Pour plus de détails, consulter encore G. Ramon, *Ann Inst. Pasteur*, 38, 1924, p. 1 ; *Paris Médical*, 1924, et *Revue d'Immunologie* 1953 (novembre-décembre) sous presse. Ce dernier Mémoire est dédié à Émile Roux.

([2]) *Voir* notre communication précédente : *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 1129.

([3]) C'est à la demande expresse d'Émile Roux que nous dûmes ajouter ce détail dans notre Note.

mélanges de toxine et d'antitoxine diphtériques ([4]) et nous en avions tiré tout de suite parti pour établir une méthode de dosage, *in vitro*, de l'antitoxine dans le sérum antidiphtérique ([5]); méthode dont Thorvald Madsen et S. Schmidt au Danemark ([6]), Stanhope Baynes-Jones aux États-Unis ([7]), etc. confirmèrent immédiatement la valeur. De plus, après avoir étudié le phénomène de floculation eu égard, cette fois, à la toxine diphtérique ayant subi l'influence de différents agents physiques ou chimiques, en particulier l'aldéhyde formique et la chaleur, nous posions (en juin 1923) ([8]) la question suivante : « *Une toxine qui a ainsi perdu toute sa toxicité, mais qui a gardé intacte sa propriété floculante, est-elle encore immunisante et dans quelle mesure ?* »

Notre Note du 10 décembre 1923 répondait bientôt et par l'affirmative à cette question et mettait en évidence l'*anatoxine diphtérique* ainsi que le *principe des anatoxines* et des *vaccinations anatoxiques*.

D'ailleurs dans une autre Note présentée, quelques mois après, en avril 1924, à l'Académie des Sciences, par Émile Roux également ([9]), nous montrions qu'en dehors des toxines microbiennes (toxine diphtérique, toxine tétanique, etc.), des toxines végétales comme l'*abrine*, la *ricine*, des *poisons d'origine animale* comme les *venins*, peuvent être convertis en *anatoxines*, en *anavenins* et nous déclarions : « Les toxines microbiennes, les toxalbumines végétales, les venins constituent le groupe très important des antigènes toxiques dont précisément la toxicité est toujours un obstacle, lorsqu'il s'agit de s'en servir pour conférer l'immunité. Les résultats concordants obtenus dans chacune de ces catégories, soit avec la toxine diphtérique, soit avec l'abrine, soit avec le venin de cobra, montrent la possibilité de transformer les antigènes toxiques en antigènes inoffensifs, en « *anatoxines* », *ce qui facilite grandement l'immunisation des animaux et fournit aussi, dans nombre de cas, un moyen anodin de préserver l'homme d'affections graves* ».

Ces quelques renseignements et citations de publications rendent compte de l'*enchaînement de nos recherches*; ils montrent comment, en l'espace d'un an à peine, nous avons été amené à la conception et à la « réalisation » de l'anatoxine diphtérique et des autres anatoxines. En fait, dans cette conception et dans cette réalisation, à l'idée de la *détoxication totale* de la toxine s'ajoute celle de la *conservation de la propriété floculante et de la pro-*

([4]) G. Ramon, *C. R. Soc. Biol.*, 86, 1922, p. 661.

([5]) G. Ramon, *C. R. Soc. Biol.*, 86, 1922, p. 711 et 813; *Ann. Inst. Pasteur*, 37, 1923, p. 1001.

([6]) *Voir* S. Schmidt, *C. R. Soc. Biol.*, 88, 1923, p. 105.

([7]) S. Stanhope Baynes-Jones, *J. Immunology*, 1924, p. 481.

([8]) G. Ramon, *C. R. Soc. Biol.*, 89, 1923, p. 3.

([9]) G. Ramon, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1436.

priété immunisante, la première servant à apprécier, pratiquement, la valeur de la seconde. Et, que l'on nous permette de le dire, il s'agissait bien là d'une découverte car ainsi que l'a écrit Claude Bernard :

« *La découverte, c'est l'idée qui se rattache au fait nouveau, c'est l'idée neuve qui surgit à propos d'un fait trouvé par hasard ou autrement* ».

L'idée neuve, c'était celle du *pouvoir immunisant* rattaché au *fait nouveau* qui était le maintien du *pouvoir floculant d'une toxine privée entièrement de sa nocivité*. Et le titre même de la Note présentée sous notre signature, en décembre 1923, exprimait l'idée nouvelle et sa réalisation, en ces termes : « *sur le pouvoir floculant et sur les propriétés immunisantes d'une toxine diphtérique rendue atoxique* (*anatoxine*) ».

Dans la suite immédiate, nous avons poursuivi l'étude expérimentale de l'anatoxine diphtérique, prise comme type des anatoxines. Nous avons annoncé qu'à ses propriétés fondamentales : *innocuité*, *pouvoir floculant*, *activité immunisante*, s'en ajoutent d'autres que nous avons décelées et décrites : la *spécificité stricte*, la *stabilité*, l'*irréversibilité*, etc. Nous avons fixé les normes de contrôle de l'*innocuité* de l'anatoxine chez l'animal d'expériences le plus sensible à la toxine, le Cobaye, et nous avons établi la technique d'évaluation de l'*activité antigène et immunisante* à l'aide de la floculation.

Nous avons, en outre, précisé le *mode d'action de l'anatoxine*, insistant sur le fait que bien que *totalement dépourvue de toxicité, de tout pouvoir pathogène*, l'anatoxine est bien capable de provoquer et de développer la production d'antitoxine au même titre que la toxine possédant tout son pouvoir toxique. Ce fait, soit dit en passant, allait à l'encontre de la doctrine pastorienne selon laquelle l'état réfractaire (dû aux « virus-vaccins » pastoriens ou jenneriens) s'acquiert au prix d'une atteinte bénigne de la maladie provoquée par les germes vivants de virulence atténuée sans doute, mais qui sont encore doués d'un pouvoir pathogène plus ou moins élevé.

L'ensemble des propriétés bien définies de l'anatoxine qui la sépare entièrement de la toxine d'où elle est issue, son mode d'action bien particulier, faisaient de l'anatoxine, en 1923, une *substance nouvelle* et lui conféraient une existence propre.

Ainsi était pleinement justifié et mérité le nom *d'anatoxine* qui lui était donné, dès sa naissance, d'accord avec Émile Roux.

Était-il un parrainage plus qualifié que celui de l'auteur de la découverte de la toxine diphtérique et de son étude expérimentale, que celui du plus éminent des disciples de Pasteur ?

La méthode de vaccination au moyen de l'anatoxine diphtérique ainsi expérimentalement créée et bientôt confirmée dans sa valeur par des essais effectués chez l'Homme lui-même (chez l'Enfant comme chez l'Adulte)

devait entrer rapidement dans la pratique en France et à l'étranger. Dans une prochaine publication nous dresserons le bilan de trente années d'application mondiale de cette méthode.

ASTRONOMIE. — *Sur un modèle de Galaxie.*

Note de M. **Alexandre Dauvillier.**

L'auteur suggère un modèle de Galaxie autonome fonctionnant en cycle fermé, dans lequel la désintégration et la synthèse des éléments, l'évolution stellaire et l'évolution galactique, sont étroitement associés. Il souligne l'importance cosmogonique des amas globulaires stellaires et de l'électromagnétisme cosmique.

Dans une précédente Note [1] nous avons montré que le rayonnement cosmique n'était pas issu d'un Univers construit sur le modèle de « l'atome primitif » et qu'il résultait de phénomènes électromagnétiques superficiels stellaires intragalactiques contemporains. La présente Note a pour but de suggérer un modèle de galaxie en équilibre dynamique, à vie très longue, indépendant de l'expansion relativiste de l'espace intergalactique.

L'hypothèse d'un état primitif constitué d'hydrogène ou de poussière primordiale homogène, continuellement reprise depuis Kant, nous paraît inadéquate. La fumée cosmique n'est pas une matière simple, primitive. C'est un sous-produit résultant d'une longue élaboration cosmique, ayant nécessité l'organisation préalable d'un substratum d'éléments et de corps célestes. L'hypothèse d'un début récent de l'Univers, formé à l'origine de matière hyperdense, est incompatible avec l'évolution des éléments chimiques, des étoiles et des galaxies. Elle n'est pas exigée par l'*expansion récente de la fraction d'espace* qui nous est accessible (10^{-3}). L'ensemble des faits astronomiques plaide, au contraire, en faveur d'une longue évolution. Nous voulons montrer que les éléments se détruisent et se reforment sans cesse dans la Galaxie, que l'évolution des étoiles est associée à l'évolution galactique et que l'électromagnétisme est le « remontoir » s'opposant à la dégradation de l'énergie dans l'Univers. Une telle évolution cyclique est compatible avec l'expansion qui n'intéresse pas l'amas galactique local.

Les travaux de Hubble ont montré que l'hypothèse de Jeans, selon laquelle les étoiles étaient issues de noyaux galactiques gazeux, devait être abandonnée. Par contre, son hypothèse d'une évolution galactique, depuis la forme sphérique douée d'une faible rotation initiale, jusqu'à la forme elliptique à rotation rapide, expulsant étoiles et matière interstellaire le long de ses spires, semble devoir être retenue. Si nous y ajoutons l'hypothèse que cette matière se résoud en *amas globulaires* satellites, qui

---

[1] A. Dauvillier, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1003.

alimentent le noyau, nous obtenons un mécanisme fonctionnant en circuit fermé, dont nous allons examiner les propriétés.

On sait que, dans les bras des spirales, la masse des étoiles est du même ordre que celle des gaz et des fumées. Ces matériaux cosmiques sont généralement considérés comme le reliquat d'une formation primitive d'étoiles. Nous les considérons, au contraire, comme dus à une multitude d'émissions stellaires, depuis les protubérances du type solaire, les expulsions du type β Lyræ, jusqu'à celles des étoiles de la classe U Geminorum, des novæ et des supernovæ. On conçoit ainsi que les noyaux galactiques et les amas globulaires en soient dépourvus, car ils ne s'y produisent pas, ou en sont chassés par la pression de radiation.

Dans ce modèle, les supergéantes bleues, présentes dans les spires, ne sont pas dues à l'accrétion spontanée de gaz et de fumées, qui sont portés à une très haute température et chargés par les effets photoélectriques, mais résultent de leur capture par les naines blanches, jouant le rôle de « noyaux de condensation », par suite de leur gravité superficielle très élevée. Les galaxies sphériques et les amas, ne concentrant pas ces matériaux dans leur plan équatorial, sont dépourvus de ces étoiles à vie brève qui redonnent des naines blanches ou obscures.

Les étoiles et les matériaux cosmiques, expulsés par leur vitesse propre, la force centrifuge et la pression de radiation, gravitent dans l'espace sphérique, d'environ 80 000 années-lumière de rayon, occupé par les amas globulaires. La matière diffuse s'y refroidit et tend à s'agglomérer en masses sphériques se résolvant en géantes rouges. L'apparition simultanée de 10^5 de ces étoiles pour constituer un amas globulaire pose un problème qui sera exposé ultérieurement.

Les travaux de H. Shapley et de V. M. Slipher ont montré que ces amas se dirigeaient vers le noyau galactique avec des vitesses voisines de 300 km/s. Ils s'y dispersent en amas ouverts. Les géantes rouges y évoluent en naines qui, expulsées dans les spires, y produisent des novæ et des supernovæ en engendrant des étoiles hyperdenses, les étoiles à nébuleuses « annulaire » ou irrégulière, les nébuleuses obscures ou brillantes, les gaz et la fumée cosmique. Ce cycle a une durée de quelques dizaines de milliards d'années, de l'ordre de celle de l'évolution stellaire.

Les naines blanches, nées dans les spires, rentreront dans le cycle par collisions stellaires au sein des amas globulaires. Si la probabilité d'une rencontre stellaire est de l'ordre de 10^9 ans au niveau du Soleil, on peut estimer qu'elle est 10^6 fois plus grande au centre d'un amas. Il en résulterait l'apparition d'un nouveau type de supernova, non encore observé, sa probabilité d'apparition exigeant un temps de l'ordre du millénaire. Les étoiles doubles et multiples résultent des captures ayant lieu, à la faveur de ces hautes densités stellaires, au centre du noyau galactique.

Dans le modèle proposé, les amas globulaires se renouvellent sans cesse et l'équilibre est obtenu par l'expulsion d'une masse solaire par an aux confins des spirales. Cette circulation matérielle à travers la Galaxie fait qu'elle ne présente pas, — comme les amas sphériques —, un équilibre statistique, mais un équilibre dynamique.

Si, par ce mécanisme, nous rendons compte de la conservation approchée de la matière au cours du cycle galactique, nous devons encore rendre compte de la conservation des éléments chimiques. L'hydrogène et le deutérium, le lithium, le béryllium et le bore, sont consommés dans les noyaux stellaires. La vie des radioéléments lourds n'excède guère 5.10^9 ans. L'hydrogène est remis en liberté par les désintégrations nucléaires provoquées par les rayons cosmiques, mais ceux-ci détruisent tous les éléments présents dans la matière interstellaire à raison de nombreux noyaux par quantum. La densité des rayons cosmiques, *au niveau du Soleil*, est égale à 10^{-13} ergs.cm^{-3} et est du même ordre que celle des photons, ce qui indique un rapport entre l'électromagnétisme cosmique et l'énergie thermonucléaire stellaire. L'électromagnétisme apparaît ainsi — par l'intermédiaire des rayons cosmiques — comme le remontoir s'opposant à la dégradation quantique de l'énergie dans la Galaxie.

Nous pensons que les éléments sont continuellement reconstitués dans les spirales, au centre des étoiles hyperdenses, grâce à la haute densité qui peut atteindre 10^{12} g.cm^{-3} et aux températures de plusieurs milliards de degrés qui y règnent. Ils sont *brusquement* libérés, lors de la destruction des naines blanches, au centre des amas globulaires. Les considérations développées par R. Alpher, W. Bethe et G. Gamow pour rendre compte de l'abondance cosmique des éléments à partir de l' « explosion » de l' « atome primitif » s'appliquent apparemment d'une manière plus simple à un tel mécanisme. On conçoit ainsi que les mélanges isotopiques diffèrent dans les étoiles, alors que selon la conception de l' « atome primitif », la composition de la matière doit être partout quantitativement la même. L'abondance des éléments est ainsi un effet statistique pouvant varier quelque peu d'une galaxie à une autre. L'absence des éléments Li, Be, B, dans le rayonnement cosmique est ainsi justifiée.

Ce modèle de galaxie, s'il est autonome, n'est cependant pas un monde fermé. S'il ne rayonne pas de rayons cosmiques, il perd continuellement des ondes électromagnétiques et des neutrinos. Sa masse s'amenuise. Il tend à se disperser en galaxies irrégulières qui se réuniront pour former une nouvelle galaxie sphérique évoluant à son tour. Quant à la radiation émise, elle accroît, par sa pression et son absorption, l'énergie cinétique de la matière absorbante dispersée dans les autres galaxies.

ZOOLOGIE. — *Contribution à nos connaissances de l'*Hydroctena. Note de M. **Constantin Dawydoff.**

Les morphologistes qui essayaient d'éclaircir le problème des relations génétiques entre les Cténophores et les Cœlentérés typiques ont été obligés en premier lieu de constater une particularité frappante que présente l'organisation de tous les Cténaires (et les Cténophores planarisés, même sessiles, ne font pas exception à cette règle, au moins à l'état jeune). Il s'agit de la présence sur leur pôle aboral d'un organe sensoriel. Or, on s'accordait à admettre autrefois que chez les Cœlentérés typiques le pôle en question est complètement dépourvu de la localisation des sensations. Actuellement cette manière de voir doit être abandonnée. J'ai décrit, en effet, en 1904, une Narcoméduse *Hydroctena Salenskii* Daw. (que j'avais trouvée dans les mers d'Indonésie) qui possède aussi à son pôle apical un organe sensoriel très compliqué. Après la parution de mon Mémoire (Dawydoff, 1904), Woltereck a mis en évidence à son tour la présence d'une plaque syncypitale sensorielle chez une Narcoméduse abyssale de la Méditerranée. De même, chez les larves d'une Trachoméduse, le pôle apical (selon la description du même auteur) évolue aussi dans la direction sensitive.

C'est surtout l'organe sensoriel aboral de *Hydroctena* qui a attiré l'attention des morphologistes. En effet, je l'avais décrit comme bâti sur le plan du statocyste des Cténophores, c'est-à-dire muni de deux otolithes soutenus dans la cupule qui les renferme par deux ressorts qui émanent du fond épaissi de cette cupule.

Cet état de chose ne laisse, semblerait-il, aucun doute : l'organe sensoriel aboral des Cténaires et d'*Hydroctena* sont des formations homologues.

Cette manière d'interpréter les choses, basée sur une série de coupes que j'ai préparées d'un des trois échantillons d'*Hydroctena*, rapportés des Indes Néerlandaises, a provoqué des critiques. Devant ce scepticisme W. Salensky à qui j'avais dédié ma Méduse, a décidé, vu l'importance du problème, d'entreprendre une étude complémentaire en sacrifiant pour cela un exemplaire d'*Hydroctena* que je mis à sa disposition. Les événements de 1917 ont forcé Salensky à quitter Pétrograd. Ainsi, il n'a pu exécuter ses recherches qu'au cours de son séjour au Laboratoire de Sébastopol, juste avant sa mort.

Je n'avais plus de contact immédiat avec mon maître regretté. Pourtant, dans une lettre qu'il m'écrivit avant sa mort il me fit brièvement connaître que les résultats qu'il avait obtenus en étudiant son échantillon d'*Hydroctena* se distinguaient sensiblement, en ce qui concerne l'organe aboral, de ceux auxquels m'avaient conduit mes propres études et ne permettaient pas d'homologuer cet organe avec la formation structurale

quasi-semblable des Cténophores. Ce fut là tout ce que j'appris par la lettre de Salensky. Les événements de cette époque en Russie ne m'ont pas permis de retrouver les préparations de Salensky, pas plus que ses notes ou ses croquis. Bref, pendant longtemps je considérais les résultats de ses recherches comme disparus et c'est seulement en 1939 que mon ami Redikortzev m'informa qu'il se trouvait en possession des préparations de Salensky, mais qu'il lui manquait le moyen de me les expédier. Sur ma demande il exécuta à mon intention une série de beaux croquis concernant la structure de l'organe aboral de ma Méduse telle qu'elle se présente sur les coupes transversales préparées par Salensky dans la moitié aborale du corps.

Un coup d'œil sur ces croquis me suffit pour me rendre compte que la ressemblance entre l'organe aboral d'*Hydroctena* et celui des Cténophores n'est que superficielle. Notons tout d'abord que l'échantillon utilisé par Salensky pour son étude complémentaire, a été beaucoup mieux conservé que l'individu qui m'a servi pour ma propre étude. Or, sur les figures de Redikortzev on voit très nettement que chacun des deux otolithes localisés dans la cupule du statocyste est renfermé dans une mince membrane et que cette membrane se continue sur toute l'étendue de son, soi-disant, « ressort » jusqu'au niveau de sa base. Ce dispositif nous permet de rétablir la structure réelle de l'appareil statocystique de l'organe qui nous occupe. Ce dernier se présente d'une tout autre manière que je ne l'avais pensé auparavant. Il ne reste maintenant aucun doute : chaque otolithe de l'organe aboral d'*Hydroctena*, contrairement à celui du statocyste des Cténaires, n'est pas une formation libre par sa nature, mais présente une portion intégrale d'un tout fixé par sa partie basilaire au fond de la cupule aborale de l'animal et enveloppé par une paroi membraneuse. Il me semble certain que ce « tout » ne représente autre chose qu'une tentaculocyste fortement réduite, formation structurale appartenant à la catégorie des tentaculocystes de certaines Hydroméduses. En ce qui concerne le prétendu faisceau de poils que soutient le statolithe d'*Hydroctena* et que j'avais homologué au ressort du statocyste des Cténophores, à en juger d'après les figures de Redikortzev, il ne représente autre chose qu'une agglomération serrée de filaments raides qui constituent l'axe du tentaculocyste.

En résumé, à la lumière des recherches de Salensky nous devons concevoir maintenant l'organe apical d'*Hydroctena* non pas comme le statocyste des Cténophores, mais comme une dépression de l'aire apicale sensitive contenant deux tentacules à otolithes (tentaculocystes).

Somme toute, *Hydroctena* est une Hydroméduse dont les deux statorhabdomes (suivant la terminologie de Delage et Hérouard) se sont déplacés vers le pôle aboral, où ils sont installés dans la dépression ciliée.

M. **Georges Darrieus** présente à l'Académie un Ouvrage de M. René Bidard : *Thermopropulsion des avions, Turbines et Compresseurs axiaux*, dont il a écrit la *Préface*. L'auteur, qui enseigne depuis plusieurs années sur ce sujet à l'École supérieure d'Aéronautique et auquel la technique des grilles d'aubes doit maintes contributions originales, a rassemblé dans ce Traité, outre une étude approfondie, suivant la théorie de l'aile portante, de cet élément principal des turbomachines modernes, un exposé détaillé des principes d'établissement, ainsi que de la construction des turbocompresseurs et des turbines à gaz, qui constituent les turboréacteurs.

M. **Henri Humbert** dépose sur le Bureau deux nouveaux fascicules de la *Flore de Madagascar et des Comores* publiés sous sa direction : 65e *Famille, Polygonacées*, par A. Cavaco, et 186e *Famille, Lobéliacées*, par F. E. Wimmer.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Hilmar Johannes Backer** et **Jean Andrieux** sont élus Correspondants pour la Section de Chimie en remplacement de M. *Paul Karrer*, élu Associé étranger et de M. *Arnold Frederik Holleman*, décédé.

DÉSIGNATIONS.

L'**Institut Pasteur** invite l'Académie à se faire représenter à la Cérémonie qui aura lieu le 11 décembre prochain dans le Grand Amphithéâtre de la Sorbonne, sous la Présidence de M. le Président de la République assisté de MM. André Marie, Ministre de l'Éducation Nationale et Coste-Floret, Ministre de la Santé publique et de la Population, à l'occasion du Centième anniversaire de la naissance de **Émile Roux**.

Sont désignés : M. **Robert Courrier**, qui tiendra la place réservée à M. le Président de l'Académie, empêché, et MM. **Emmanuel Leclainche**, **Gabriel Bertrand**, **Maurice Javillier**, **Edmond Sergent**, **Émile Roubaud**, **Jacques Duclaux**, **Gaston Ramon**, **Jacques Tréfouël**, **Antoine Lacassagne**, **Maurice Lemoigne**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Vladimiro Nucci. *I principi fondamentali della conoscenza*.

2° MATTHIAS MATSCHINSKI. *Systèmes de tourbillons sujets à certaines conditions de minima. Application à la formation des rides éoliennes, des dunes, etc. — Sur les formations hexagonales.*

3° ALESSANDRO VENEROSO. *Filatura a freddo.*

ALGÈBRE. — *Sur une propriété des polynomes récurrents.* Note de M. **MAURICE PARODI**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons une matrice carrée d'ordre n, à éléments réels $A=(a_{ij})$, en forme de continuant

$$A=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & . & . \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_{n,n-1} & a_{n,n} \end{pmatrix}.$$

Si les éléments symétriques par rapport à la diagonale principale sont de même signe, on sait que les valeurs caractéristiques de A sont réelles car en effectuant sur A une transformation du type $H^{-1}AH$, où H est une matrice diagonale à éléments réels positifs b_{ii}, on peut la mettre sous la forme équivalente

$$\begin{pmatrix} a_{11} & \sqrt{a_{12}a_{21}} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \sqrt{a_{12}a_{21}} & a_{22} & \sqrt{a_{23}a_{32}} & \dots & 0 & 0 \\ \dots\dots & \dots & \dots\dots & \dots & . & . \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \sqrt{a_{n,n-1}a_{n-1,n}} & a_{nn} \end{pmatrix}.$$

Il apparaît, d'autre part, puisque les produits $a_{ij}a_{ji}$ sont positifs $(i\neq j)$, que si l'on suppose les éléments diagonaux positifs, cette matrice aura les mêmes valeurs caractéristiques que la matrice déduite de A en y remplaçant tous ses éléments par leurs valeurs absolues.

Considérons alors les polynomes $P_n(x)$ définie par la relation de récurrence

$$(1)\qquad f_1(n+1)P_n(x)+[\varphi(n)-x]P_{n-1}(x)+f_2(n)P_{n-2}(x)=0 \qquad (n\geqq 2)$$

avec $P_0=1$, $P_{-1}=0$ et $\varphi(k)\geqq 0$ pour tout k entier.

On voit facilement que la matrice qui a pour valeurs caractéristiques les zéros de $P_n(x)$, peut, par une transformation analogue à celle que nous avons considérée à propos de A, se mettre sous la forme

$$\begin{pmatrix} \varphi(n) & \sqrt{f_1(n)f_2(n)} & 0 & \dots & 0 \\ \sqrt{f_1(n)f_2(n)} & \varphi(n-1) & \sqrt{f_1(n-1)f_2(n-1)} & \dots & 0 \\ \dots\dots\dots\dots & \dots\dots\dots & \dots\dots\dots\dots\dots\dots & \dots & . \end{pmatrix}$$

Il en résulte que si pour toute valeur entière de k, les coefficients $f_1(k)$ et $f_2(k)$ sont de mêmes signes, les polynomes $P_n(x)$ définis par (1) auront les mêmes

zéros que les polynomes $Q_n(x)$ définis par la relation de récurrence

$$|f_1(n+1)|\,Q_n(x)+[\varphi(n)-x]\,Q_{n-1}(x)+|f_2(n)|\,Q_{n-2}(x)=0 \qquad (n\geq 2)$$

avec $Q_0=1$, $Q_{-1}=0$.

De ce résultat, dans le cas particulier où $\varphi(k)=0$ pour tout k, on peut déduire la propriété classique des polynomes $P_n(x)$, d'avoir tous leurs zéros non nuls symétriques par rapport à l'origine.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Une remarquable identité.*

Note de M. **Étienne Halphen**, présentée par M. Paul Montel.

L'étude d'une classe particulière de fonctions hypergéométriques, que nous avons nommées « fonctions factorielles » (¹), nous a donné l'identité suivante, où x est quelconque *réel* en particulier

$$(1)\qquad \int_0^\infty e^{-z^2}(\cos xz+\sin xz)\frac{dz}{\sqrt{z}}\equiv\int_0^\infty e^{-\left(z-\frac{x}{2}\right)^2}\frac{dz}{\sqrt{z}}.$$

Voici une démonstration directe, due à M. Morlat :

Chacune des intégrales figurant dans (1) définit une fonction de x développable en série de Taylor; il suffit de montrer que les deux développements sont identiques.

Or, les coefficients de $x^n/n!$ sont égaux respectivement :

à gauche, à

$$\int_0^\infty e^{-z^2}(-)^{\left[\frac{n}{2}\right]}z^n\frac{dz}{\sqrt{z}}=\frac{(-)^{\left[\frac{n}{2}\right]}}{2}\Gamma\left(\frac{n}{2}+\frac{1}{4}\right)=F(n)$$

comme on le constate en développant en série les fonctions trigonométriques;

à droite, à

$$\frac{1}{2^n}\int_0^\infty e^{-z^2}H_n(z)\frac{dz}{\sqrt{z}}=G(n),$$

où H_n est le polynome d'Hermite d'ordre n.

On obtient la valeur de $G(n)$ en calculant la valeur de la dérivée $n^{\text{ième}}$ de $e^{-(z-x/2)^2}$ pour $x=0$.

Il s'agit d'identifier $F(n)$ et $G(n)$. Or, tous les deux vérifient l'équation de récurrence

$$\frac{X(n)}{X(n-2)}=\frac{3-2n}{4}$$

Pour $F(n)$, c'est évident (relation de récurrence classique sur Γ)

(¹) Certains auteurs les nomment « Fonctions de Hermite » car elles constituent une extension naturelle des polynomes de Hermite (voir *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 684).

Pour $G(n)$, la relation ci-dessus résulte de l'équation de récurrence des polynomes de Hermite :

$$H_n(z) = 2z\,H_{n-1}(z) - 2(n-1)\,H_{n-2}(z).$$

D'où l'on déduit en effet que

$$G(n) = \frac{1}{2^{n-1}}\left\{\int_0^z e^{-z^2} H_{n-1}(z)\sqrt{z}\,dz + (1-n)\int_0^z e^{-z^2} H_{n-2}(z)\frac{dz}{\sqrt{z}}\right\}$$

et en intégrant par parties le premier terme du membre de droite, il vient :

$$G(n) = \frac{3-2n}{4}\,G(n-2).$$

Il est facile de vérifier que les coefficients $F(n)$ et $G(n)$ sont égaux pour $n=0$ et $n=1$, d'où résulte l'identité annoncée.

Remarques. — 1° Le développement en série sous le signe $\int$ (par rapport à x) dans le membre de droite de (1), puis l'intégration terme à terme et l'identification de la série obtenue avec celle que fournit le membre de gauche, conduisent à des identités arithmétiques de la forme

$$\frac{1}{0!\,m!} + \frac{1.5}{4!\,(m-2)!} + \frac{1.5.9.13}{8!\,(m-4)} + \ldots + \frac{1.5.9.13\ldots[1+4(m-1)]}{(2m-4)!\,2!}$$
$$= \frac{1}{2!\,(m-1)!} + \frac{1.5.9\ldots}{6!\,(m-3)!} + \ldots + \frac{1.5.9\ldots(1+4m)}{(2m-2)!\,1!}$$

pour tout nombre pair m.

Ces identités résultent donc de (1); il est facile de les vérifier pour des valeurs modérées de n; mais il semble plus difficile d'en donner une démonstration générale purement arithmétique.

2° Il existe une identité plus générale, où $\sqrt{z}$ est remplacé par $z^{(1/2)-a}$ à l'un des membres, et par $z^{(1/2)+a}$ à l'autre membre $(a < 1/2)$: c'est en fait une extension de la formule de « reflexion » de la fonction Γ.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les groupes d'holonomie des variétés riemanniennes non symétriques.* Note de M. **Marcel Berger**, présentée par M. Joseph Pérès.

Lorsqu'il est irréductible et non isomorphe à l'un des cinq groupes exceptionnels, le groupe d'holonomie homogène restreint d'une variété riemannienne non symétrique ne peut être que : pour V_{2n+1} : $SO(2n+1)$; pour V_{4n+2} : $SO(4n+1)$, $SU(2n+1)$ $U(2n+1)$; pour V_{4n} $SO(4n)$, $SU(2n)$, $U(2n)$, $Sp(n)$, $T^1 \otimes Sp(n)$, $SU(2) \otimes Sp(n)$, avec les deux exceptions : $SO(7)$ pour V_8, $SO(9)$ pour V_{16}.

1. Les notations et les définitions sont celles de [1]. Nous étudions ici encore l'algèbre de Lie Σ du groupe d'holonomie homogène Ψ d'une variété V_m *irré-*

[1] M. Berger, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 472.

ductible simplement connexe. Supposons Ψ *semi-simple* et de *première classe*. D'après ([2]) on peut alors écrire $\psi = \psi_1 \otimes \psi_2$ et deux cas peuvent se présenter :

ou bien ψ_1(resp. ψ_2) admet une représentation réelle irréductible Ψ_1 (resp. Ψ_2) dans R^n(resp. R^ν). Alors $\Psi = \Psi_1 \otimes \Psi_2$ et Σ est définie par la formule en matrices réelles

$$\Sigma_{l\lambda, m\mu} = G_{lm}\delta_{\lambda\mu} + \delta_{lm}\Xi_{\lambda\mu}.$$

D'après ([1]), le tenseur dérivé du tenseur de courbure est alors nul;

ou bien ψ_1(resp. ψ_2) admet une antiinvolution de deuxième espèce, définie sur les $2p$(resp. 2π) variables complexes de ψ_1(resp. ψ_2) par les formules : $Z_l = \bar{z}_{l'}$, $Z_{l'} = -\bar{z}_l$ (resp. $T_\lambda = \bar{t}_{\lambda'}$, $T_{\lambda'} = -\bar{t}_\lambda$). ψ admet alors une représentation réelle irréductible Ψ dans $R^{n\nu}$, définie par les $n\nu$ variables réelles, $x_{l\lambda}, x_{l\bar\lambda}, x_{\bar l\lambda}, x_{\bar l\bar\lambda}$ telles que $z_{l\lambda} = x_{l\lambda} + ix_{\bar l\bar\lambda}$, $z_{l'\lambda'} = x_{l\lambda} - ix_{l\lambda}$, $z_{l\lambda'} = x_{l\bar\lambda} + ix_{\bar l\lambda}$, $z_{l'\lambda} = -x_{l\bar\lambda} + ix_{\bar l\lambda}$. On trouve alors pour Σ des formules qui entraînent, par une méthode analogue à celle de ([1]), que le tenseur dérivé du tenseur de courbure est nul *si p et π sont* >1. Si $p = \pi = 1$, on retrouve $SO(4) = SU(2) \otimes SU(2)$.

2. V_m étant toujours irréductible et simplement connexe, supposons maintenant que Ψ soit *simple*. D'après ([3]), ψ peut s'obtenir de la façon suivante : il existe pour la structure de groupe simple de ψ, p groupes *fondamentaux* ψ_i, $(i = 1, \ldots, p)$ dont les variables sont $z_1^{(i)}, z_2^{(i)}, \ldots$. ψ est alors le groupe qui indique comment les ψ_i transforment la variable $(z_1^{(1)})^{h_1} \otimes (z_1^{(2)})^{h_2} \otimes \ldots \otimes (z_1^{(p)})^{h_p}$ et celles que l'on en déduit par les transformations de ψ. Si au moins deux des h_i sont $\neq 0$ ou si au moins un des h_i est >1, le tenseur dérivé du tenseur de courbure est encore nul et ceci même en considérant les groupes du type $T^1 \otimes \psi$ ou $SU(2) \otimes \psi$ lorsque ceux-ci peuvent se présenter.

3. V_m étant toujours irréductible et simplement connexe, supposons maintenant que Ψ soit un groupe *fondamental d'une structure de groupe simple non exceptionnelle*. En prenant exhaustivement les groupes fondamentaux ψ indiqués dans ([4]) et en étudiant leurs algèbres de Lie ainsi que celles des groupes Ψ correspondants, on trouve que le tenseur dérivé du tenseur de courbure est nul sauf [une multiplication éventuelle par T_1 ou $SU(2)$ étant possible] pour les groupes fondamentaux suivants : $SO(n)$, $SU(n)$, $Sp(n)$ et un groupe isomorphe à $SO(7)$ [resp. $SO(9)$] opérant dans R^8(resp. R^{16}).

4. En passant au revêtement universel et en tenant compte des groupes qui peuvent être multipliés par T^1 ou par $SU(2)$, on obtient ainsi pour toute variété riemannienne non symétrique le théorème suivant :

([2]) E. CARTAN, *Œuvres complètes*, partie I, **2**, p. 624-627.

([3]) E. CARTAN, *loc. cit.*, partie I, **1**, p. 355.

([4]) E. CARTAN, *Loc. cit.*, Partie I, **1**, p. 386-393 et 512-517.

THÉORÈME. — *Lorsqu'il est irréductible et non isomorphe à l'un des groupes simples exceptionnels, le groupe d'holonomie homogène restreint d'une variété riemanienne non symétrique ne peut être que :*

pour V_{2n+1} : $SO(2n+1)$;
pour V_{4n+2} : $SO(4n+2)$, $SU(2n+1)$, $U(2n+1)$;
pour V_{4n}: $SO(4n)$, $SU(2n)$, $U(2n)$, $Sp(n)$, $T^1 \otimes Sp(n)$, $SU(2) \otimes Sp(n)$.
Il faut ajouter pour V_8 : $SO(7)$ *et pour* V_{16} : $SO(9)$.

L'algèbre de Lie de $SU(2) \otimes Sp(n)$ est formée des matrices antisymétriques Σ_{IJ} satisfaisant aux relations

$$(1) \qquad \Sigma_{ab} = \Sigma_{\bar{a}\bar{b}} = \Sigma_{a^\star b^\star} = \Sigma_{\bar{a}^\star \bar{b}^\star}$$

$$(2) \qquad a \neq b \; \Sigma_{a\bar{b}} = -\Sigma_{\bar{a}^\star b^\star} = -\Sigma_{\bar{a} b} = \Sigma_{a^\star b^\star}$$

$(a, b = 1, 2, -n;\ a^\star, b^\star = 2n+1, -3n;\ \bar{a}, \bar{b} = n+1, -2n;\ \bar{a}^\star, \bar{b}^\star = 3n+1, -4n)$,

$$(3) \qquad a \neq b \; \Sigma_{ab^\star} = \Sigma_{\bar{a}^\star \bar{b}} = -\Sigma_{a^\star b} = -\Sigma_{\bar{a} b^\star},$$

$$(4) \qquad a \neq b \; \Sigma_{a\bar{b}^\star} = -\Sigma_{\bar{a}^\star b} = \Sigma_{\bar{a}^\star b^\star} = -\Sigma_{a^\star \bar{b}},$$

$$(5) \qquad \Sigma_{a a^\star} - \Sigma_{\bar{a}^\star \bar{a}} \quad \text{indéndant de } a,$$

$$(6) \qquad \Sigma_{a\bar{a}} - \Sigma_{a^\star \bar{a}^\star} \quad \text{indépendant de } a,$$

$$(7) \qquad \Sigma_{a a^\star} - \Sigma_{\bar{a} a^\star} \quad \text{indépendant de } a.$$

L'algèbre de Lie de $T^1 \otimes Sp(n)$ [resp. $Sp(n)$] est formée des matrices antisymétriques Σ_{IJ} satisfaisant aux relations (1), (2), (3), (4), (5) [resp. (1), (2), (3), (4)] et en supprimant les conditions $a \neq b$ dans les relations (2) et (4) [resp. (2), (3) et (4)]. On peut aussi préciser les algèbres de Lie des deux exceptions mentionnées. Nous poursuivrons, dans une prochaine publication, la réduction de σ.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les transformations affines d'une variété riemannienne.* Note de M. **KATSUMI NOMIZU**, présentée par M. Joseph Pérès.

Une méthode pour l'étude des transformations affines d'une variété riemannienne.

1. Soit V une variété riemannienne connexe et différentiable. Elle admet une connexion affine dite connexion riemannienne. Soient A(V) et I(V) le groupe de toutes les transformations affines de V et celui de toutes les transformations isométriques de V. On sait [1] que A(V) est un groupe de Lie dont I(V) est un sous-groupe fermé. On désigne par $A_0(V)$ et $I_0(V)$ la composante connexe de l'identité de A(V) et I(V) respectivement. V est dite réductible ou irréductible selon que le groupe d'holonomie homogène Ψ de V est réductible ou non.

---

[1] K. NOMIZU, *Bull. A. M. S.*, 59, 1953, p. 48.

LEMME 1. — *Soient* V_1 *avec* ds_1^2 *et* V_2 *avec* ds_2^2 *deux variétés riemanniennes et* φ *une transformation affine de* V_1 *sur* V_2. *Si les deux variétés sont irréductibles, alors* $\varphi^*.ds_2^2 = c\,ds_1^2$ *où c est une constante* > 0.

LEMME 2. — *Soit* $\varphi \in A(V)$. *S'il existe un point* $p \in V$ *tel que* φ *induit une transformation isométrique de l'espace tangent* T_p *en p sur l'espace tangent* $T_{\varphi(p)}$ *en* $\varphi(p)$ *alors* $\varphi \in I(V)$.

Soit V irréductible et soit p un point quelconque de V. Si l'on désigne par $|X|$ la longueur d'un vecteur tangent $X \in T_p$, il résulte du Lemme 1 qu'on a un homomorphisme $c(\varphi)$ de $A(V)$ dans le groupe multiplicatif de tous les nombres réels positifs tel que $|\varphi.X| = c(\varphi)|X|$. Si K est un sous-groupe compact de $A(V)$, on a $c(\varphi) = 1$ pour tout $\varphi \in K$. Le lemme 1 entraîne

THÉORÈME 1. — *Soit* V *une variété riemannienne irréductible. Tout sous-groupe compact de* $A(V)$ *est contenu dans* $I(V)$.

2. Dans le cas général, soit p un point quelconque fixé de V. Étant donnée une transformation $\varphi \in A(V)$, on prend un chemin quelconque τ joignant p et $\varphi(p)$ et considère la transformation linéaire $\tau^{-1}.\varphi$ de l'espace tangent T_p dans lui-même, où τ^{-1} désigne aussi le déplacement parallèle le long du chemin τ^{-1}. Si T' est un sous-espace de T_p invariant par le groupe d'holonomie homogène Ψ_p, on voit aisément que $\tau^{-1}.\varphi.T'$ est aussi un sous-espace de T_p invariant par Ψ_p; il ne dépend pas du choix du chemin τ de p à $\varphi(p)$. φ définit ainsi canoniquement une substitution $s(\varphi)$ de l'ensemble des sous-espaces de T_p invariants par Ψ_p. D'ailleurs T' et $s(\varphi).T'$ sont équivalents dans le sens suivant : il existe un automorphisme α de Ψ_p et une transformation linéaire ρ de T' sur $s(\varphi).T'$ tels que $\rho(hX) = \alpha(h).\rho X$, $h \subset \Psi_p$, $X \in T'$.

LEMME 3. — $\varphi \in A(V) \to s(\varphi)$ *est un homomorphisme.*

LEMME 4. — *Soit* $\varphi(t)$ *un sous-groupe à un paramètre de* $A_0(V)$. *Alors il existe un sous-groupe* $\rho(t)$ *à un paramètre de transformations linéaires de* T_p *tel que* $\rho(t)T' = s(\varphi(t)).T'$ *pour un sous-espace quelconque* T' *invariant par* Ψ_p *et le produit scalaire* $(\rho(t)X, Y)$ *est continu en t et en* $X, Y \in T_p$.

Dans le lemme 4, en effet, on prend le chemin $\tau_t : \tau_t(s) = \varphi(s).p$, $0 \leq s \leq t$, et $\rho(t) = \tau_t^{-1}.\varphi(t)$.

3. Soit $T_p = T_0 + T_1 \ldots + T_r$ la décomposition canonique de G. de Rham [2] de T_p par Ψ_p : T_0 est la partie euclidienne, c'est-à-dire, le plus grand sous-espace sur lequel Ψ_p est trivial, chaque $T_i (1 \leq i \leq r)$ irréductible, et tous les $T_i (0 \leq i \leq r)$ sont deux à deux orthogonaux. Cette décomposition est unique. Or si $\varphi(t)$ est un sous-groupe à un paramètre de $A_0(V)$, on voit, en utilisant le lemme 4 et l'unicité de la décomposition canonique, que $s(\varphi(t)).T_i = T_i$ pour chaque t et pour chaque i, $0 \leq i \leq r$. $A_0(V)$ étant un groupe de Lie connexe, on en déduit en vertu du lemme 3.

LEMME 5. — $s(\varphi).T_i = T_i$, $0 \leq i \leq r$, pour tout $\varphi \in A_0(V)$.

---

(2) G. DE RHAM, *Comm. Math. Helv.*, 26, 1952, p. 328-344.

Supposons maintenant que $\dim T_0 \leq 1$. On peut montrer l'existence des homomorphismes $\varphi \to c_i(\varphi)$, $0 \leq i \leq r$, de $A_0(V)$ dans le groupe de tous les nombres réels positifs tels que $|\varphi . X| = c_i(\varphi)|X|$ pour $X \in T_i$. Il en résulte le théorème suivant.

Théorème 2. — *Si la partie euclidienne d'une variété riemannienne* V *est de dimension* ≤ 1, *alors :*

1° *Tout sous-groupe compact de* $A_0(V)$ *est contenu dans* $I(V)$;

2° *Tout sous-groupe de Lie connexe semi-simple de* $A_0(V)$ *est contenu dans* $I_0(V)$;

3° *Le sous-groupe dérivé* $[A_0(V), A_0(V)]$ *est contenu dans* $I_0(V)$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Statistique de polygones et de polyèdres.* Note de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Émile Borel.

On considère : notion générale de la statistique de polygones et de polyèdres et ses applications (§ 1), analogie entre la réciprocité géométrique et les probabilités inverses (§ 2), statistique pour les cas de deux dimensions (§ 2) et de trois dimensions (§ 3), et exemple d'application : un problème de la pétrographie mathématique (§ 4). Le symbole Ra indique $1:a$. L'adjectif « moyen » est souvent omis.

1. Considérant en Géométrie certaines propriétés de polygones et des polyèdres (n, le nombre des côtés; μ, le nombre des arêtes s'entrecroisant dans un sommet; e, k, f, les nombres des sommets, des arêtes et des faces d'un polyèdre, etc.) on suppose habituellement que ces grandeurs sont essentiellement entières. Cependant pour traiter de nombreux problèmes théoriques et pratiques d'application, il convient de considérer, au lieu de figures et de corps isolés, leurs séries, dont les éléments considérés séparément ne sont qu'accessoires; seules les caractéristiques moyennes et les distributions statistiques sont le sujet d'étude. Dans ce sens on peut introduire par exemple la notion d'une figure à 3,5 sommets. Par exemple le plan est rempli sans cavités (*voir* § 2 et *fig.* 1) par les pentagones ayant $\mu = 3$, 3. . . . Ces séries peuvent être très différentes; on ne considère ici que les séries formées par des figures (ou des corps) remplissant sans cavités la surface (ou l'espace). Des exemples sont souvent observés dans la nature : systèmes des lignes de sols géométriques [1], [2], fissures de basaltes [1], formes géométriques de la convection thermique [tourbillons de Bénard [2], [3]], systèmes des tourbillons près de dunes ou de rides [1], etc. Théorie élémentaire de ces formations sur un plan, *voir* [1]. Le phénomène dans ce cas est déterminé par (A) : $Rn + R\mu = 0{,}5$.

---

[1] M. Matschinski, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6e série, t. **2**, fasc. **7-9**, 1952, p. 641; *Ann. Géophys.*, n° **4**, 1952, p. 402; *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1282.

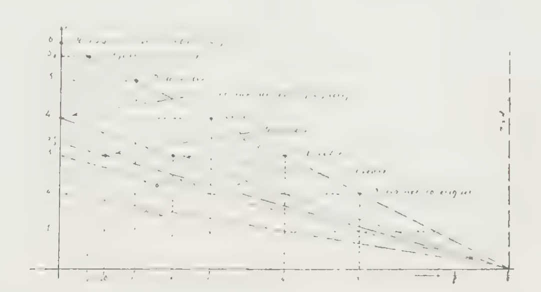
[2] J. Wasiutinski, *Hydrodynamics of stars and planets*. Édit. J. Dybwad, Oslo, 1946.

[3] H. Benard, *Ann. Chim. et Phys.*, 7e série, **23**, 1901, p. 62-114.

2. Soient $W_1(n_{\text{locale}}, \mu)$ la probabilité de $n_{\text{loc.}}$ pour μ donnée et $W_2(\mu_{\text{locale}}, n)$ celle de $\mu_{\text{loc.}}$ pour n donnée. W_1 est la probabilité inverse pour W_2 et vice-versa. Construisant des polygones secondaires à μ côtés autour de sommets et plaçant en même temps dans les polygones primaires les sommets formés par n côtés croisés, on ne change pas les probabilités; ici le principe de l'uniformité (¹) est applicable; $W_1(n_{\text{loc.}}, \mu) = W(n_{\text{loc.}}, \mu)$; $W_2(\mu_{\text{loc.}}, n) = W(\mu_{\text{loc.}}, n)$;

$$n = \int n_{\text{loc.}} W(n_{\text{loc.}}, \mu)\, dn_{\text{loc.}} = g(\mu); \qquad \mu = \int \mu_{\text{loc.}} W(\mu_{\text{loc.}}, n)\, d\mu_{\text{loc.}} = g(n).$$

Enfin (B) : $g[g(n)] = n$, dont une solution est (A). [(A) n'est pas la seule solution; sur les hypothèses supplémentaires de mélange, etc., nous ne nous arrêtons pas ici.] Dans le cas d'une surface non plane, fermée (f, k, e, les nombres de tous les polygones, de toutes les arêtes, de tous les sommets), par une simple énumération ou en comptant on obtient les corrélations très connues (C) : $2k = e\mu = fn$, et l'on introduit n et μ « réduites » : $nf:(f-1)$ et $\mu e:(e-1)$. En substituant ces valeurs dans (A), on trouve (D) : $Rn + R\mu = 0,5 + Rk$, formule d'Euler étendue aux nombres non entiers de côtés et de sommets. Pour des buts pratiques, on se borne aux nombres fractionnaires; mais il n'existe aucunes difficultés d'étendre (D) aux nombres irrationnels. La formule (D) sous la forme de la corrélation linéaire entre n et Rf est représentée par la figure 1 où l'on voit également les cas classiques.



Ainsi la statistique sur la surface est déterminée par les trois formules (C) et (D). Parmi n, μ, e, k, f, *deux* sont arbitraires et sont sujettes aux mesures par énumération ou en comptant.

3. Pour établir la statistique de polyèdres on considère statistiquement non seulement n et μ, mais aussi e, k et f. Les moyennes correspondantes possèdent évidemment les propriétés : $\overline{e\mu} = \bar{e}.\bar{\mu}$ et $\overline{nf} = \bar{n}.\bar{f}$. Les formules (C) et (D) sont ici valables pour les valeurs moyennes de e, k, f. Considérons M polyèdres remplissant sans cavités un espace euclidien ou non euclidien. Soient F, K, E les nombres de toutes les faces, de toutes les arêtes, de tous les sommets. Soient : μ_1, μ_2, μ_3 les nombres des arêtes, des faces, des corps se trouvant statistiquement autour d'un sommet; λ, le nombre de corps se touchant (statistiquement) par une arête. Les grandeurs (G_1) : f, k, e, n, μ sont respec-

tivement équivalentes aux (G) : μ_1, μ_2, μ_3, λ, μ; les liaisons entre (G) sont analogues aux (C) et (D). Pour les grandeurs non moyennes : M, F, K, E analogues aux *f*, *k*, *e* non moyennes de 2 on a les corrélations énumératives analogues aux (C). De plus, une condition trigonométrique a lieu. Ainsi on a 10 équations (L) : $2k = e\mu = fn$; $\mathrm{R}n + \mathrm{R}\mu = 0{,}5 + \mathrm{R}k$; $2\mu_2 = \mu\mu_3 = \lambda\mu_1$; $\mathrm{R}\lambda + \mathrm{R}\mu = 0{,}5 + \mathrm{R}\mu_2$; $2\mathrm{F} = f\mathrm{M}$; $\lambda\mathrm{K} = k\mathrm{M}$; $2\mathrm{K} = \mu\mathrm{E}$; (P) Rel. trig. pour 13 grandeurs : f, k, e, n, μ, λ, μ_1, μ_2, μ_3, M, F, K, E; *trois* d'entre elles sont sujettes aux mesures par énumération ou en comptant.

4. Sauf les applications indiquées (*voir* § 1), considérons la détermination des caractéristiques statistiques d'un espace à N-dimension d'après sa « section ». Cas N = 2. Soit Δ une distribution de polygones dans un plan euclidien, caractérisée par n et μ. Ni Δ, ni n et μ ne nous sont connues. A l'aide de « mesures » sur un segment AB (« section ») nous ne connaissons que m, le nombre des intersections des côtés avec ce segment. La densité est (Q) : $t = m : \mathrm{seg\,AB}$. Si le segment est « représentatif », on obtient que αt^2 côtés de polygones se trouvent sur l'unité de surface. Des mesures ou des hypothèses supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les grandeurs n et μ. Supposons par exemple Σ^2 (le nombre de polygones sur l'unité de surface) connu. Ici $n\Sigma^2 = 2\alpha t^2$ et l'on détermine (S) : $n = 2\alpha(t : \Sigma)^2$ et μ [*voir* (A)]. Cas N = 3. Ici, contrairement au cas N = 2, tout est déterminable sans hypothèses supplémentaires. Ce cas représente le problème de base de la pétrographie mathématique. La « section » est le plan d'une plaque mince. On compte d'abord les μ_{im} imaginaires, elles nous donnent $\lambda = \mu_{\mathrm{im}}$. Ensuite [*cf.* (Q)] on détermine l^2, la densité des côtés de polygones et s^2, densité de polygones mêmes. Alors analogiquement à (S), on a (T) : $f = 2\beta(l : s)^2$. Les grandeurs λ et f connues, on calcule les autres de (G) et (G_1) à l'aide des neuf équations (L) et (P). Cette dernière est $\cos(\pi : \mu) = \sin(\pi : n) . \sin(\pi : \lambda)$. α et β sont les constantes statistiques.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *La convection naturelle par la sphère peu chaude.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

La première approximation du phénomène thermique Θ lié à la convection naturelle est la conduction pure. La seconde est le résultat thermique des vitesses induites dans le fluide calculées en première approximation et rattachées à ce champ thermique. Il serait extraordinairement pénible d'aller au delà. Nous écrivons donc, sans les termes rectangles, les trois premières équations de Navier, où nous faisons figurer, en tant que force extérieure, la poussée archimédienne sur l'élément de fluide chaud, le champ de température étant celui de la conduction pure, et l'équation d'incompressibilité; les vitesses ainsi déterminées, on les porte dans le second membre de l'équation de la

chaleur, ce qui déterminera la seconde approximation du champ de température et la première approximation du « trouble convectif » apporté à la conduction pure. La suppression des termes rectangles dans les équations de Navier permet d'utiliser le mode de calcul appliqué par Stokes à la résistance visqueuse de la sphère, et l'on est ainsi ramené à la recherche des deux seules fonctions inconnues Θ et Ψ, selon le système d'équations

$$\Theta = \frac{\eta}{\rho g \beta}\Delta_4 \Psi, \qquad u = \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x\, \partial z}, \qquad v = \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y\, \partial z},$$

$$w = -\left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2}\right), \qquad p = \eta \Delta_2 \frac{\partial \Psi}{\partial z} + \mathrm{C},$$

$$\mathrm{D}\Delta_2 \Theta = u\frac{\partial \Theta}{\partial x} + v\frac{\partial \Theta}{\partial y} + w\frac{\partial \Theta}{\partial z}.$$

C est une constante; p, la pression; u, v, w, sont les composantes de la vitesse; D, η, ρ, β, la diffusivité thermique, la viscosité, la densité et le coefficient de dilatation du fluide; g, l'accélération due à la pesanteur. Nous sommes en régime permanent et prenons comme variables géométriques la distance r au centre de la sphère de rayon R, et le rapport $m = z/r$.

Si le fluide est limité par une enceinte sphérique concentrique de rayon $\mathrm{R}' = \mu \mathrm{R}$, la solution du problème des vitesses s'obtient sans incident.

Le champ thermique de conduction pure étant $\Theta = \Theta_0[(\mathrm{R}/r) - (1/\mu)]$, la fonction Ψ sera de la forme

$$\Psi = \frac{\rho g \beta}{24\eta}\Theta_0 \mathrm{R}\left(r^3 - \frac{r^4}{\mu \mathrm{R}}\right) + \left(\mathrm{A}_2 - \frac{\mathrm{B}_2}{10}r^3\right)\mathrm{X}_1 + \left(\frac{\mathrm{A}_3}{6r} - \frac{\mathrm{B}_3}{14}r^4\right)\mathrm{X}_2$$
$$\left(\frac{\mathrm{A}_4}{10\, r^2} - \mathrm{B}_4 r^5\right)\mathrm{X}_3 \ldots + \frac{\mathrm{C}_1}{r} + \frac{\mathrm{C}_2}{r^2}\mathrm{X}_1 + \left(\frac{\mathrm{C}_3}{r^3} + \mathrm{D}_3 r^3\right)\mathrm{X}_2 + \left(\frac{\mathrm{C}_4}{r^4} + \mathrm{D}_4 r^4\right)\mathrm{X}_3 \ldots,$$

les X étant les polynômes de Legendre en m, successifs.

D'après les propriétés de ces polynomes, les dérivées secondes de Ψ confèrent aux vitesses des expressions élégantes : pour la composante u, le terme en A_α conduit à $\mathrm{A}_\alpha r^{-\alpha-1} x(\mathrm{A}'_\alpha \mathrm{X}'_{\alpha+1} + \mathrm{A}''_\alpha \mathrm{X}'_{\alpha-1})$, le terme en B_α, à $\mathrm{B}_\alpha r^{\alpha-2} x(\mathrm{B}'_\alpha \mathrm{X}'_{\alpha-1} + \mathrm{B}''_\alpha \mathrm{X}'_{\alpha-3})$, les A et les B accentués étant des quantités numériques dont on possède l'expression en fonction de α, le terme en C_α conduit à $\alpha \mathrm{C}_\alpha r^{-\alpha-3} x \mathrm{X}'_{\alpha+1}$, et le terme en D_α, à $-(\alpha-1)\mathrm{D}_\alpha r^{\alpha-4} x \mathrm{X}'_{\alpha-3}$; pour w, à A_α correspondent d'une façon analogue un terme en $r^{-\alpha}\mathrm{X}_{\alpha+1}$ et un terme en $r^{-\alpha}\mathrm{X}_{\alpha-1}$, à B_α, des termes en $r^{\alpha+1}\mathrm{X}_{\alpha-1}$ et en $r^{\alpha+1}\mathrm{X}_{\alpha-3}$, au terme en C_α correspond $\alpha(\alpha+1)\mathrm{C}_\alpha r^{-\alpha-2}\mathrm{X}_{\alpha+1}$, au terme en D_α, $(\alpha-1)(\alpha-2)\mathrm{D}_\alpha r^{\alpha-3}\mathrm{X}_{\alpha-3}$. On voit donc que, les coefficients étant dans les deux cas des fonctions de r, u/x se présentera sous forme d'un développement selon les dérivées $\mathrm{X}'(m)$, et w, sous forme d'un développement selon les $\mathrm{X}(m)$.

Les conditions aux limites à exprimer se réduisent à la nullité de la vitesse sur les deux sphères, c'est-à-dire $u = 0$, $w = 0$, pour $r = \mathrm{R}$, et $r = \mu \mathrm{R}$. D'après

ce qui vient d'être dit, on annulera les coefficients individuels des X'_i et des (X_j), ce qui fournit, pour le calcul de proche en proche des A, B, C, D, le nombre de relations linéaires nécessaires. Ceux d'indice pair sont nuls. Les développements paraissent convergents.

Si l'on fait croître indéfiniment le rayon R' de l'enceinte, les coefficients A_n, B_n, C_n, D_n tendent vers zéro à partir respectivement de A_5, B_3, C_3, D_3, mais il n'en résulte rien d'immédiat quant à l'évolution des vitesses, car r peut augmenter indéfiniment lui aussi, et dans des puissances d'exposant positif. Malgré cette grave complication, le calcul de la convection en milieu illimité semble pouvoir aboutir d'une façon beaucoup plus sûre s'il est conduit à partir d'une valeur finie de R'; car dans l'étude directe on rencontre maint paradoxe dont l'origine paraît être que les termes contenant le produit de l'échauffement infiniment petit Θ_0 ou de ses puissances par la distance r infiniment grande ou par ses puissances, ne peuvent être « uniformément petits », et ne constituent donc pas des termes négligeables.

Quand on possède une approximation du champ de vitesse, on obtient une intégrale approchée de l'équation en Θ au voisinage de $m=0$ et de $s=0\,(s=r-R)$ sous la forme d'une fonction de s^3/m. On trouve, conformément à notre théorie générale, que le coefficient de trouble convectif est, en première approximation, proportionnel à $\Theta_0^{1/3}$. (C'est seulement pour les valeurs moins faibles de Θ_0 qu'apparaîtrait la proportionnalité à $\Theta_0^{1/6}$.)

ÉLECTRICITÉ. — *Réponse d'un étage amplificateur à circuit antirésonnant à une tension d'entrée dont la fréquence instantanée varie linéairement en fonction du temps.* Note de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Je considère une tension de la forme

$$(1)\qquad E(t)=e^{i(\Omega t+\alpha t^2)}$$

qui peut être représentée par l'intégrale de Fourier,

$$(2)\qquad E(t)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\frac{\omega^2}{4\alpha}+i\omega t}\,d\omega$$

à un facteur constant près et en changeant l'origine des temps; il conviendra, dans le résultat final, de remplacer t par $t+(\Omega/2\alpha)$.

La tension (1) est appliquée à l'entrée d'un étage à tube électronique pentode, qui comprend, dans son circuit d'anode, un circuit antirésonnant comportant en parallèle une self-inductance L, une capacité C et une conductance G, suivant un schéma connu. La réaction d'anode du tube étant négligeable, la tension à la sortie peut être mise sous la forme

$$(3)\qquad F(\tau)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\frac{\omega_0^2}{4\alpha}z^2+i\tau z}\,\frac{z}{z^2-\frac{i}{Q}z-1}\,dz,$$

où ω_0 désigne la pulsation d'accord, Q le coefficient de surtension du circuit et $\tau = \omega_0 t$.

On met facilement $f(\tau)$ sous la forme

$$(4)\qquad f(\tau) = z_1 \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\frac{\omega_0^2}{4\alpha}z^2 + i\tau z} \frac{dz}{z - z_1} - z_2 \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\frac{\omega_0^2}{4\alpha}z^2 + i\tau z} \frac{dz}{z - z_2},$$

$$(5)\qquad z_1 = \frac{i}{2Q} + \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}, \qquad z_2 = \frac{i}{2Q} - \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}.$$

Je dois calculer deux intégrales de la forme

$$(6)\qquad J = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-i\frac{\omega_0^2}{4\alpha}z^2 + i\tau z}}{z - z_1} dz$$

qui, a un facteur constant près, deviennent

$$(7)\qquad J = e^{\alpha t^2} K,$$

avec

$$(8)\qquad K = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-iz^2}}{z - v} dz,$$

$$(9)\qquad v = \frac{\omega_0}{2\sqrt{\alpha}} \left[\frac{i}{2Q} + \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}} \right] - t\sqrt{\alpha}$$

$e^{\alpha t^2}$ représentant la tension de haute fréquence, les intégrales en sont l'enveloppe, que je considère uniquement dans ce qui suit

Je peux mettre K sous la forme

$$(10)\qquad K = v e^{-iv^2} M \qquad \text{avec} \quad M = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-i(z^2 - v^2)}}{z^2 - v^2} dz.$$

J'ai calculé l'intégrale (10).

Le résultat est :

$$(11)\qquad f(\tau) = g(t) = z_1 K(v_1) - z_2 K(v_2)$$

avec

$$(12)\qquad K = i\pi e^{-iv^2} + \frac{1}{4} e^{i\left[\frac{\pi}{4} - \frac{v^2}{2}\right]} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} (-1)^n i^n I_n(b) \left[J_{n-\frac{1}{2}}(a) - J_{n+\frac{1}{2}}(a) \right],$$

et

$$(13)\qquad (v_1, v_2) = \frac{\omega_0}{2\sqrt{\alpha}} \left[\frac{i}{2Q} \pm \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}} \right] - t\sqrt{\alpha},$$

$$(14)\qquad \frac{v^2}{2} = a + ib.$$

La même méthode peut être appliquée à une chaîne de plusieurs étages.

ÉLECTRONIQUE. — *Influence du bruit de la lampe dans les oscillateurs.* Note (*) de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'auteur compare l'influence du bruit de grenaille et du bruit thermique sur le régime d'un autooscillateur à lampe.

Il vérifie que le bruit de la lampe est négligeable devant l'effet thermique lorsque le circuit oscillant est branché sur la grille, et prépondérant lorsque le circuit oscillant est branché sur la plaque.

Dans un Mémoire récent intitulé *Fluctuations d'amplitude et de phase d'un générateur à lampe* ([1]), I. Berstein remarque que le bruit de la lampe a un effet prépondérant devant celui des résistances. Dans notre analyse ([2]), au contraire, le bruit de la lampe apparaissait comme négligeable à côté de l'effet thermique dans le circuit résonnant. J'ai recherché l'origine de cette apparente contradiction, et je précise ici les conditions dans lesquelles l'une ou l'autre de ces conclusions doit être retenue.

La disparité des conclusions dérive d'une différence fondamentale entre les montages étudiés : I. Berstein considère un circuit oscillant branché sur la plaque tandis que je l'ai placé dans la grille, et l'influence du bruit est très différente dans les deux cas.

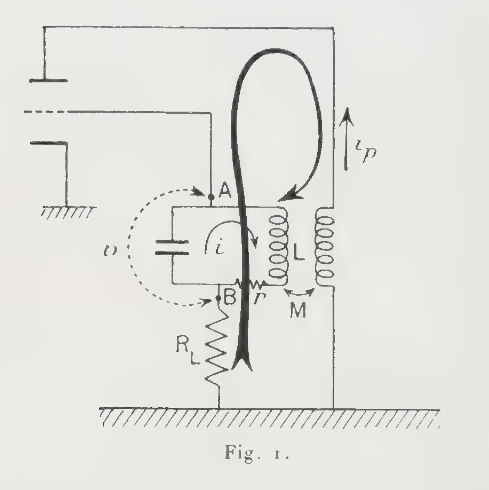


Fig. 1.

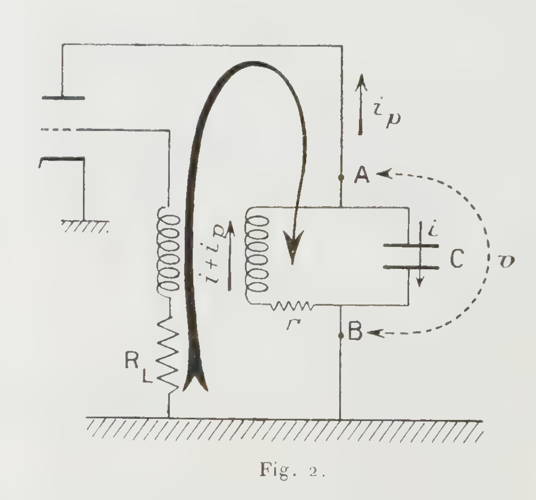


Fig. 2.

Dans le cas du montage-grille le schéma 1, dont la source de bruit est symbolisée par R_L, montre clairement que le bruit est injecté dans le circuit oscillant par la mutuelle M : les fluctuations du courant de plaque se transmettent au circuit oscillant par la voie de cette mutuelle M, *en y créant une force électro-*

(*) Séance du 28 octobre 1953.

([1]) *Bull. Isvestia Acad. Sc. U. R. S. S.*, série physique **14**, 1950, p. 145.

([2]) *Ann. Radioélectr.*, **8**, 1953, p. 36 et 153.

motrice aléatoire de mutuelle induction. On réduit donc l'effet du bruit de la lampe en réduisant le couplage M, ce qui est d'autant mieux réalisable que la surtension Q du circuit est plus grande. Ainsi l'effet du bruit de la lampe est d'autant plus faible que la qualité Q du circuit oscillant est meilleure.

Dans le cas du montage-plaque au contraire (*fig.* 2), les fluctuations du courant de plaque i_p dues à R_L réagissent directement sur le circuit oscillant *en y créant une force électro-motrice aléatoire de self induction.* La self L du circuit oscillant joue maintenant le rôle de la mutuelle M précédente, et l'effet du bruit de la lampe décroît avec L donc avec la surtension du circuit oscillant.

Ces phénomènes apparaissent fidèlement transcrits dans les équations de fonctionnement des deux circuits.

Lois de fonctionnement. — Par raison de simplicité, nous nous placerons en régime linéaire mais les résultats obtenus ont une validité générale.

Soient v la tension oscillante, prise pour variable, entre les bornes A et B du circuit oscillant, $E(t)$ et $E_L(t)$ les forces électro-motrices aléatoires de bruit engendrées par r et R_L, s la pente de la lampe. Les équations de fonctionnement sont :

$$(1)\qquad LC\frac{d^2v}{dt^2}+(rC+Ms)\frac{dv}{dt}+v=E+Ms\frac{dE_L}{dt}\cong E+jMs\omega_0E_L \qquad \text{(circuit-grille)},$$

$$(2)\qquad LC\frac{d^2v}{dt^2}+(rC+Ms)\frac{dv}{dt}+v=E+Ls\frac{dE_L}{dt}\cong E+jLs\omega_0E_L \qquad \text{(circuit-plaque)}.$$

L et M jouent donc bien des rôles symétriques ; ces équations permettent de comparer aisément les importances relatives du bruit thermique et du bruit de la lampe.

Circuit oscillant sur la grille. Équation (1). — Au voisinage de l'accrochage, on a $|Ms|\simeq rC$. Le terme $jMs\omega_0E_L$ se réduit donc à $jrC\omega_0E_L=jE_L/Q$, en concurrence avec le bruit thermique E. Les puissances de bruit engendrées par R_L et r ont donc des effets dans le rapport

$$\overline{\left(\frac{\frac{E_L}{Q}}{E}\right)^2}=\frac{1}{Q^2}\,\frac{\overline{E_L^2}}{\overline{E^2}}=\frac{1}{Q^2}\,\frac{R_L}{r}.$$

Dans le cas d'un circuit oscillant classique, avec $Q\simeq 100$, $r\simeq 1\,\Omega$, $s\simeq 2.10^{-3}$ A/V, $R_L/r\simeq 1000$, on a $(1/Q^2)/(R_L/r)=1/10$. Dans le cas d'un circuit oscillant de grande surtension, tel qu'un quartz, avec $Q\simeq 10^6$, on a $(1/Q^2)/(R_L/r)=10^{-9}$.

Circuit oscillant sur la plaque. Équation (2). — Le terme de bruit de la lampe vaut $jLs\omega_0E_L=jQrsE_L$, en concurrence avec E. *Les puissances de bruit engendrée par* R_L *et r ont donc des effets dans le rapport*

$$\overline{\left(\frac{QrsE_L}{E}\right)^2}=(Qrs)^2\,\frac{\overline{E_L^2}}{\overline{E^2}}=(Qrs)^2\,\frac{R_L}{r}.$$

Pour le circuit oscillant classique précédent on a $(Qrs)^2/(R_L/r) = 40$. Pour le circuit de grande surtension précédent on trouve $(Qrs)^2/(R_L/r) = 4.10^9$.

Conclusion de la discussion. — Dans le cas des circuits oscillants branchés sur la grille, le bruit de grenaille de la lampe peut donc généralement être négligé. Au contraire, lorsque le circuit oscillant est branché sur la plaque, l'effet de la lampe est prépondérant. L'effet de la lampe se manifeste d'autant plus que la surtension du circuit oscillant est plus grande : elle est en particulier très grande pour un quartz si l'on utilise ce branchement exceptionnel. L'index de qualité de la lampe, dans ce dernier cas est s^2R_L, et il ne servirait à rien de choisir un tube à faible bruit (6 AK 5 par exemple), la diminution de R_L devant toujours être acquise au prix d'une augmentation de s. Enfin dans ce cas, il faudrait, de plus, tenir compte de l'effet de scintillation dont la théorie sera donnée ultérieurement.

On peut donc conclure que le circuit oscillant doit toujours être branché dans la grille lorsqu'il est important de réduire le bruit de fond d'un oscillateur.

ÉLECTRONIQUE. — *Mouvement d'un électron dans un ondulateur magnétique.* Note de MM. **René Combe** et **Marc Feix**, présentée par M. Louis de Broglie.

On résout rigoureusement les équations du mouvement de l'électron dans un ondulateur magnétique, dispositif produisant un champ magnétique constant et de répartition sinusoïdale dans l'espace, dont on envisage l'utilisation pour la production d'ondes électromagnétiques de très courte longueur d'onde.

Différents auteurs ([1]), ([2]), ([3]), ont proposé de produire des ondes électromagnétiques, dont la longueur se situerait notamment dans le domaine millimétrique, en utilisant le mouvement de l'électron dans un « ondulateur magnétique ».

Supposons que l'induction se réduise à une composante $B_y = B\cos\gamma x$, Ox étant la direction de propagation du faisceau d'électrons, le trièdre $Oxyz$ étant direct; en appelant e et m la charge et la masse au repos de l'électron, les équations du mouvement s'écrivent, dans le système d'unités Giorgi rationalisé :

$$\frac{m}{\sqrt{1-\beta^2}}\frac{d^2x}{dt^2} = -e\frac{dz}{dt}B\cos\gamma x; \tag{1}$$

$$\frac{m}{\sqrt{1-\beta^2}}\frac{d^2z}{dt^2} = e\frac{dx}{dt}B\cos\gamma x \tag{2}$$

avec $\gamma = 2\pi/l$, l étant la distance entre deux pôles magnétiques de même nom. Nous admettons que les électrons ont, au point O origine, une vitesse dirigée

([1]) P. D. Coleman, *M. I. T. Quarterly Progress Report*, 1949, p. 76 et 1950, p. 52.
([2]) H. Motz, *J. Appl. Phys.*, **22**, 1951, p. 527.
([3]) H. Motz, *J. Appl. Phys.*, **24**, 1953, p. 826.

suivant Ox : $v = \beta c$, c étant la vitesse de la lumière. (On peut en effet montrer que si cette condition n'est pas satisfaite, la trajectoire moyenne de l'électron s'écarte de Ox; l'électron tendant à quitter l'ondulateur, les solutions correspondantes sont sans intérêt.) Diverses dispositions techniques peuvent être prises dans ce but ([3]). Alors, l'équation (2) s'intègre de la façon suivante :

(3) $$\frac{m}{\sqrt{1-\beta^2}}\frac{dz}{dt} = \frac{eB}{\gamma}\sin\gamma x.$$

Substituons ce résultat dans (1) :

(4) $$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{(1-\beta^2)\,e^2B^2}{2\gamma m^2}\sin 2\gamma x = 0.$$

L'équation (4) est l'équation classique du mouvement pendulaire. En tenant compte de la condition initiale, le temps t s'exprime en fonction de la coordonnée x, au moyen de l'intégrale elliptique de première espèce :

(5) $$\gamma\beta ct = \int_0^{\gamma x}\frac{d(\gamma x)}{\sqrt{1-k^2\sin^2\gamma x}},$$

en posant

(6) $$k = \frac{\sqrt{1-\beta^2}\,eB}{\gamma m\beta c}.$$

Inversement

(7) $$\sin\gamma x = \mathrm{sn}\,(\gamma\beta ct,\ k).$$

Il reste à intégrer l'équation (3), ce qui donne

(8) $$\gamma z = \mathrm{Log}\,\frac{\mathrm{dn}\,(\gamma\beta ct) - k\,\mathrm{cn}\,(\gamma\beta ct)}{1-k}.$$

L'élimination du temps t entre (7) et (8) fournit l'équation de la trajectoire

(9) $$\cos\gamma x = \mathrm{ch}\,\gamma z - \frac{1}{k}\,\mathrm{sh}\,\gamma z.$$

Cette trajectoire diffère peu d'une sinusoïde.

Il est intéressant de calculer l'élongation maxima $2a$ de l'électron suivant Oz. Lorsque cette valeur est atteinte,

$$\frac{dz}{dt} = 0, \qquad \sin\gamma x = 0, \qquad \mathrm{sn}\,(\gamma\beta ct) = 0, \qquad \mathrm{dn}\,(\gamma\beta ct) = 1, \qquad \mathrm{cn}\,(\gamma\beta ct) = -1;$$

(10) $$a = \frac{1}{2\gamma}\,\mathrm{Log}\,\frac{1+k}{1-k}.$$

Plus intéressant est le calcul de la moyenne de la vitesse dx/dt prise sur une période

(11) $$\bar{v} = \overline{\left(\frac{dx}{dt}\right)} = \bar{\beta} c.$$

En dérivant (7), on obtient

$$\frac{dx}{dt} = \beta c \,\mathrm{dn}(\gamma\beta c t). \tag{12}$$

On peut montrer que la moyenne de la fonction *dn*, prise sur une période, est égale à $\pi/2\mathrm{K}$, K étant l'intégrale elliptique complète de première espèce. Par suite :

$$\frac{\beta}{\beta} = \frac{\pi}{2\mathrm{K}}. \tag{13}$$

Il est commode d'introduire un système (S′) d'axes $O'x'y'z'$. $O'x'$ coïncidant avec Ox, le deuxième système étant animé d'un mouvement de translation uniforme de vitesse $\bar{v}$ par rapport au premier. Dans ce système, la trajectoire de l'électron est une courbe fermée.

Ces résultats permettent d'effectuer le calcul des fréquences et des puissances des ondes émises par l'électron.

SPECTROSCOPIE. — *Nouvelle méthode d'observation de l'émission atmosphérique des raies* D *du sodium*. Note (*) de M. **Jacques-Émile Blamont**, présentée par M. Jean Cabannes.

Résultats préliminaires obtenus dans l'étude du rayonnement de l'atmosphère au moyen d'un analyseur de radiation à balayage magnétique de fréquence séparant 10^{-2} Å.

La diffusion de la lumière solaire par l'atmosphère complique l'étude de l'émission atmosphérique des raies D du sodium au crépuscule. Nous avions déjà essayé d'éliminer cette difficulté au moyen d'un filtre polarisant (1). Le dispositif que nous présentons maintenant, beaucoup plus sélectif, est fondé sur le principe suivant :

Excitons par la lumière à étudier la résonance optique d'une vapeur métallique maintenue dans une cuve à pression constante. Les atomes de la vapeur choisissent dans la lumière incidente un intervalle étroit de fréquence $\Delta\nu$ autour de la fréquence de résonance ν_0 qui leur permet de monter dans l'état excité, puis de réémettre une lumière de même fréquence que la fréquence absorbée. Si l'on place la cuve dans un champ magnétique H la fréquence ν_0 sera modifiée selon les règles de l'effet Zeeman. Dans le cas simple de l'effet Zeeman normal, observé parallèlement au champ avec un analyseur circulaire, l'intensité de la lumière émise par la vapeur, lorsqu'on fait varier le champ, reproduit fidèlement le profil de la lumière excitatrice, à condition que la largeur de la raie

(*) Séance du 16 novembre 1953.

(1) J. Blamont et A. Kastler, *Ann. Géoph.*, 7, 1951, p. 73.

de résonance soit faible par rapport aux détails de ce profil. Dans le cas des raies D du sodium, l'existence de quatre composantes Zeeman pour la raie D_1 et six pour la raie D_2, et la complication supplémentaire de la structure hyperfine, rendent le profil obtenu très différent du profil réel. Nous appellerons $f(H)$ la réponse en fonction du champ, de l'appareil utilisant la vapeur de sodium en observation perpendiculaire au champ et en lumière totale (montage préliminaire pour des raisons de commodité).

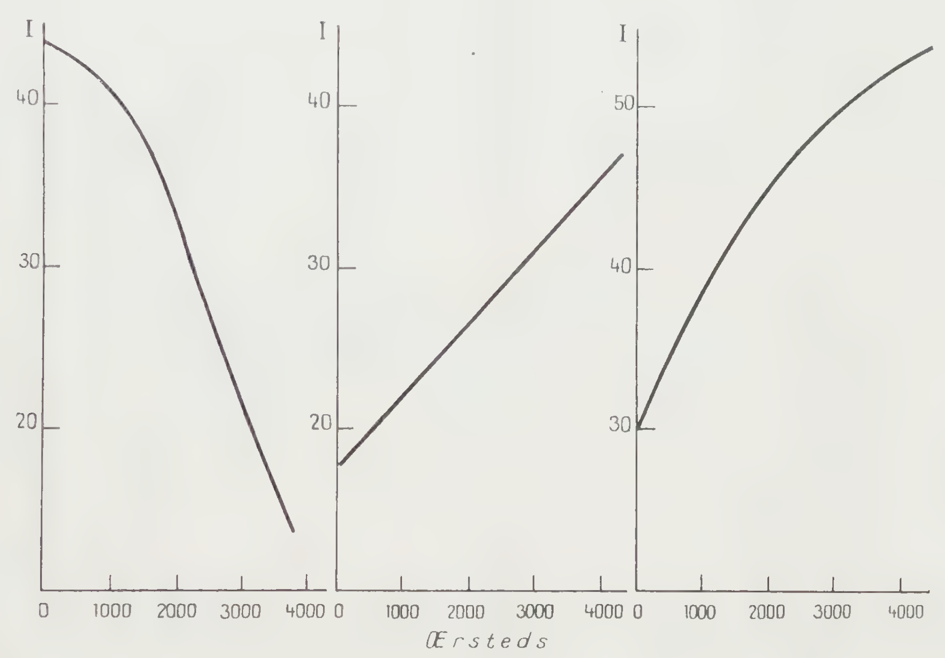


Fig. 1. — $f(H)$ au crépuscule. *Abscisses :* champ magnétique. — *Ordonnées :* réponse de l'appareil.
Fig. 2. — $f(H)$ à midi. *Abscisses :* champ magnétique. — *Ordonnées :* réponse de l'appareil.
Fig. 3. — $f(H)$ correspondant à une source blanche. (Température de la cuve : 140°C.)

Si l'on se propose d'étudier la lumière du ciel, on peut s'attendre à plusieurs profils différents :

Premier type. — La diffusion de la lumière solaire intervient seule : c'est alors le fond de la raie de Fraunhofer qui est responsable de l'excitation de la vapeur. Lorsqu'on augmente le champ on se place sur les ailes de la raie d'absorption, la courbe $f(H)$ sera donc une fonction croissante du champ.

Deuxième type. — L'émission des raies du sodium intervient seule : le profil excitateur est alors une raie d'émission d'une largeur que nous savons être de l'ordre de 2.10^{-2} Å [2]. La courbe $f(H)$ sera donc une fonction décroissante du champ.

---

[2] J. Bricard et A. Kastler, *Ann. Géoph.*, **1**, 1944, p. 53.

Troisième type. — Lumière solaire et raie d'émission sont en présence. La courbe $f(H)$ sera une fonction d'abord décroissante jusqu'à un minimum, puis de nouveau croissante. Remarquons que si l'émission est faible, il sera impossible de distinguer les types 1 et 3.

Nous avons monté l'expérience à l'Observatoire de Haute-Provence. La direction de la visée était le sud, la distance zénithale de 75°. La largeur de bande de la lumière excitatrice était réduite à 50 Å par un filtre interférentiel; on étudiait la réémission de la vapeur au moyen d'un multiplicateur d'électrons. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Pour des dépressions solaires comprises entre 9 et 0° la courbe $f(H)$ est du deuxième type : on observe une émission (*fig.* 1). A partir du lever du Soleil, la courbe est complètement modifiée : $f(H)$ est une courbe croissante du premier type, on observe une raie d'absorption (*fig.* 2), mais l'interprétation en est délicate.

Il peut s'agir soit d'une diffusion par la basse atmosphère devenue très grande par rapport à l'émission du sodium dans la haute atmosphère, soit d'une baisse réelle de celle-ci par suite de la photoionisation des atomes de sodium de la haute atmosphère. L'excitation au laboratoire, dans les mêmes conditions, de la vapeur par une lumière blanche, dont l'intensité varie peu en fonction de la longueur d'onde, donne une courbe $f(H)$, non pas constante comme on s'y attendrait, mais croissante (*fig.* 3). Nous n'avons pas trouvé d'explication à ce phénomène.

Une étude systématique des particularités de l'expérience est en cours. Nous nous proposons de plus, d'étudier au moyen de raies présentant un effet Zeeman normal, le profil du fond des raies de Fraunhofer du Soleil.

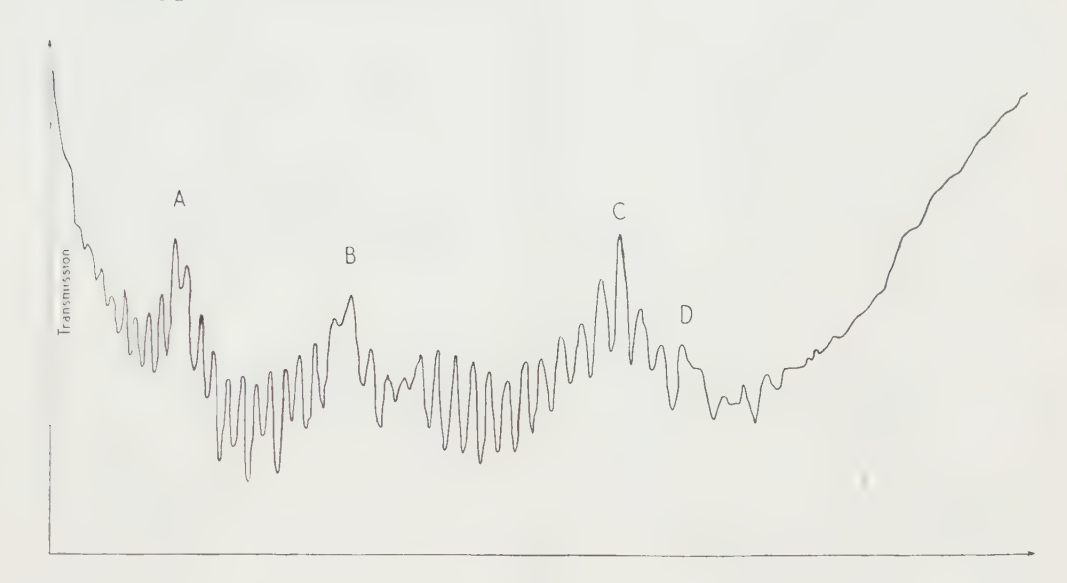
SPECTROSCOPIE. — *Le spectre de vibration de l'oxyde azoteux* (*bande* $4\nu_2$). Note de M. **Pierre Barchewitz**, Mme **Marie-Louise Grenier-Besson** et M. **Gilbert Amat**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons repris l'étude de la région de 4,3 μ où les bandes d'absorption de l'oxyde azoteux sont superposées à la bande d'absorption intense du gaz carbonique atmosphérique. La structure rotationnelle de N_2O étant plus serrée que celle de CO_2, on observe pratiquement la structure fine de CO_2 superposée à l'enveloppe des bandes de N_2O, l'apparence du spectre se modifiant considérablement quand varie l'intensité relative des bandes des deux corps. Des spectres correspondant à une pression résiduelle de gaz carbonique plus faible que celles réalisées précédemment ont permis d'étudier dans de meilleures conditions l'absorption de l'oxyde azoteux dans cette région.

L'interprétation des quatre lacunes A, B, C, D est la suivante :

A	N_2O	$2\nu_1 + \nu_3$	4 731 cm^{-1}	2e ordre
B	CO_2	ν_3	2 349 »	1er »
C	N_2O	$4\nu_2$	2 322 »	1er »
D	N_2O	$\nu_1 + 2\nu_2 + \nu_3$	4 630 »	2e »

Les autres lacunes observées dans le spectre semblent dues aux intersections des enveloppes des différentes bandes.



La nouvelle valeur (2 322 cm^{-1}) ainsi obtenue pour le nombre d'onde de la bande $4\nu_2$ de l'oxyde azoteux doit être substituée à la valeur publiée précédemment ([1]) qui avait été déterminée dans des conditions expérimentales moins favorables (concentration trop forte du gaz carbonique résiduel, séparation imparfaite des différents ordres du réseau).

Cette nouvelle valeur expérimentale est en meilleur accord avec la valeur théorique que l'on peut déduire de la formule proposée par G. et L. Herzberg (2 315 cm^{-1}). (Le calcul ne tient pas compte de la résonance de Fermi-Dennison).

L'observation du niveau $0 4^0 0$, troisième composante du triplet de résonance Σ^+ ($2 0^0 0$, $1 2^0 0$, $0 4^0 0$) permet théoriquement le calcul complet des niveaux d'énergie de la molécule N_2O en tenant compte de la résonance de Fermi-Dennison.

Pratiquement, pour que le calcul soit effectué avec une précision convenable, il est nécessaire de n'utiliser que des équations linéaires, ce qui exige la connaissance de deux autres multiplets de résonance parmi ceux qui n'ont pas encore été observés (doublet Π, triplet Π, quadruplet Σ^+, ...).

([1]) G. Amat, P. Barchewitz et M. L. Grenier-Besson, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 145.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre de la prédécharge dans les étincelles de grande longueur.* Note de Mlle **Francine Rimbert** et Mme **Arlette Vassy**, présentée par M. Pierre Lejay.

En 1949, l'une de nous a effectué une étude du spectre d'étincelles de grande longueur dans l'air (1), (2) grâce à l'installation de l'Institut des Hautes Tensions de l'Université d'Upsala, cette étude a montré que le phénomène de l'étincelle est en réalité un ensemble complexe d'événements successifs. D'autre part les théories courantes de la production d'étincelles de grande longueur prévoient l'existence de stades préparatoires, streamers ou prédécharges, servant à tracer la voie à la décharge principale et qui, en raison de leur faible énergie, ont une faible luminosité. Malgré cela des photographies en ont été prises à plusieurs reprises (3) avec un objectif mobile.

En vue de faire une étude spectrale dans le temps des phénomènes de l'étincelle, le spectrographe utilisé dans la première étude a été adapté par l'une de nous (4); les spectres ont été photographiés au cours d'un nouveau séjour à Upsala. Nous nous sommes replacées exactement dans les mêmes conditions expérimentales qu'en 1949; mais nous isolions une courte longueur de l'étincelle au moyen d'un écran percé d'une ouverture et placé un peu en avant de l'étincelle.

Les vitesses de rotation utilisées étaient de l'ordre de 20 000 t/mn, donnant un déplacement du spectre sur le film de 1 mm pour 5 μs.

Les spectres obtenus montrent trois phases distinctes : la plus intense, la décharge principale, précédée et suivie de deux phases beaucoup moins lumineuses, la prédécharge et l'afterglow (post-luminescence); les trois spectres sont différents. Nous voulons ici donner des résultats préliminaires concernant la prédécharge.

En raison de la faible luminosité, le spectre de la prédécharge n'apparaît pas dans le domaine visible (photographié avec du film Kodak Rayoscope). De plus, pour des raisons géométriques, seules les régions de l'étincelle rectilignes et parallèles au déplacement du film, donnent un spectre net et fin; dans les autres cas, l'énergie lumineuse émise s'étale en donnant une zone floue ou même tombe au-dessous du seuil de sensibilité. Ceci ne se produit pas pour l'émission de la décharge principale qui est quasi

---

(1) H. Norinder, A. Vassy et E. Vassy, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1957.

(2) A. Vassy, H. Norinder et E. Vassy, *Arkiv för Fysik*, **6**, 1953, p. 437.

(3) L. B. Loeb et J. M. Meek, *The mechanism of the electric spark*, Stanford University Press, 1947.

(4) F. Rimbert, *J. Phys. Rad.*, **14**, 1953, p. 638.

instantanée; nous avons pu apprécier sa durée qui est au maximum de 1 μs. Aussi nous avons finalement retenu neuf spectres parmi les meilleurs, correspondant à des longueurs d'étincelles de 30, 50 et 75 cm (soit à des tensions disruptives de 520, 700 et 910 kV).

Le spectre des prédécharges est constitué, sur nos clichés, par 19 raies auxquelles s'ajoute la bande de CO_2^+ à 2 883-2 896 Å qui apparaît diffuse mais intense. Toutes les raies observées (ainsi que la bande) correspondent à des raies intenses de la décharge principale. Les raies les plus intenses de la prédécharge apparaissent environ 20 μs avant la décharge principale, cette valeur étant un minimum car elle dépend du seuil de sensibilité de l'émulsion.

Les raies observées sont contenues dans le tableau suivant :

4185-90	O II	{ 3410	O II
4103-05	O II	{ 3408	N II
4072-76	O II	3367	N III
4035-41-43	N II	3354	N III
3995	N II	3329-30-31	N II
3912	O II	3287-90	O II
3838-42	N II	{ 3273	O II
3748	O II	{ 3271	O II
3712	O II	3135-38	O II
3483-85	N IV	{ 3007	N II
3437	N II	{ 3005-08	O II

Elles appartiennent à O II, N II, N III et N IV. Les bandes de l'oxygène et de l'azote, déjà très faibles dans les spectres pris en 1949, n'apparaissent pas dans la prédécharge. Les raies de O I et de N I, faibles dans la décharge principale, ne sont pas visibles dans la prédécharge. Les raies caractéristiques des électrodes, très visibles sur le film, n'apparaissent que dans la décharge principale avec une durée de vie remarquable.

Nous avons évalué de façon approximative les rapports d'intensité des raies de la prédécharge à celles de la décharge principale afin de rechercher les différences pouvant exister entre ces deux spectres. Il y a un rapport certain entre l'intensité d'une même raie dans la prédécharge et dans la phase principale, mais ce rapport varie sensiblement avec l'élément responsable : il est plus faible pour les raies de O II que pour celles de N II; si nous ajoutons que, dans la prédécharge, nous observons les raies de N III et N IV mais ni celles de O III ni celles de O IV, nous voyons que les conditions d'ionisation doivent être différentes dans les deux phases.

Nous n'avons pas observé de spectre de prédécharge dans les étincelles de 1,55 m. Cette absence qui paraît surprenante trouve sans doute son explication dans le fait, déjà signalé (1), (2), que les spectres de ces étincelles très longues sont beaucoup moins intenses que ceux de 75 et 50 cm.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un dispositif d'enregistrement des particules émises par les radioéléments : Cinénucléographe.* Note (*) de M. **Marcel Frilley**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Pour mettre en œuvre une méthode proposée par M. Laporte ([1]) nous avons construit un appareil permettant d'enregistrer dans une plaque photographique à émulsion épaisse les trajectoires de particules ionisantes émises par une source animée d'un mouvement rapide dans un plan parallèle à celui de la plaque.

Le repérage précis de l'origine de chaque trajectoire dans l'émulsion exige que la distance source-plaque soit aussi réduite que possible et, pour remplir cette condition, nous avons réalisé des mouvements circulaires sur roulements à billes de bonne qualité. La distance source-plaque est ainsi limitée inférieurement par la qualité de la surface de l'émulsion (après effacement des traces parasites) à environ 0,05 mm.

La source est fixée au niveau de la face supérieure d'un disque qui peut tourner à une vitesse réglable et mesurable jusqu'à 5 000 t/m. La plaque est montée dans un support mobile autour d'un axe extérieur au disque. La vitesse angulaire du porte-plaque est liée à celle du disque de façon à espacer convenablement les passages successifs de la source devant la plaque. La liaison est obtenue par la démultiplication 1 : 200 du moteur et des engrenages. Deux de ceux-ci sont montés sur un axe mobile que l'on peut écarter de façon à arrêter le mouvement de la plaque et à ramene celle-ci en arrière après irradiation. Le dernier engrenage, monté sur l'axe du porte-plaque est un secteur denté d'environ 60° qui limite à l'angle utile le mouvement de la plaque.

La figure montre le schéma de l'appareil. La source radioactive est déposée sur la tranche d'un fil, généralement de Ni, porté par une pièce isolante fixée dans un raccord en laiton vissé sur le disque. Le diamètre du disque est de 150 mm, le rayon de giration de la source 70 mm. L'émulsion est coulée sur une glace très plane de 40 × 165 mm. Elle est insérée dans des rainures du support, des billes appuyant sur la face verre de façon à appliquer l'émulsion par ses extrémités sur les rebords du support. Les axes du porte-plaque et du disque sont parallèles et distants de 115 mm.

Pour faire un enregistrement, on met en marche le disque dont on

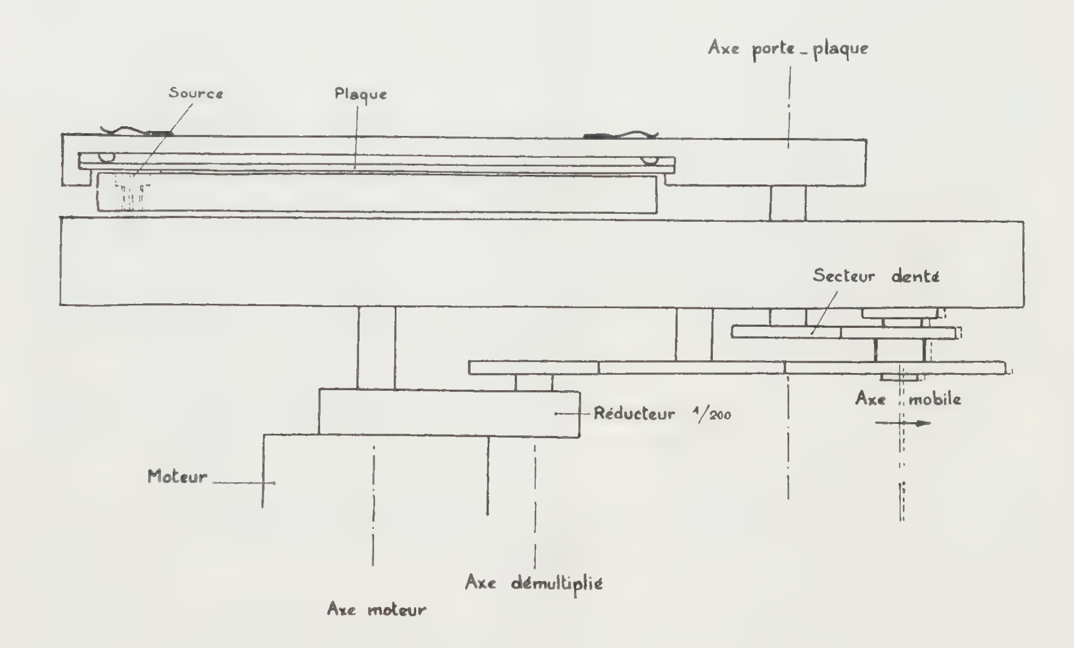
---

(*) Séance du 16 novembre 1953.

([1]) *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 889.

règle la vitesse avec un rhéostat en la mesurant stroboscopiquement. On met en place une plaque, le porte-plaque étant écarté du disque et on le pousse à la main jusqu'à ce que le secteur denté vienne en prise avec l'engrenage moteur.

Le porte-plaque continue alors son mouvement mécaniquement et s'arrête vers le centre du disque quand la dernière dent du secteur échappe. On écarte ensuite les engrenages mobiles et on ramène rapidement le porte-plaque en arrière pour enlever la plaque et la développer.



Le dépouillement de la plaque devant être fait au microscope, la platine de celui-ci a été équipée de façon à pouvoir combiner deux mouvements circulaires de la plaque avec des rayons de 70 et 115 mm. On peut ainsi explorer la plaque dans le sens d'un passage de la source ou dans le sens transversal. Quelle que soit la position de la plaque sous le microscope, la direction du mouvement relatif de la source est fixe, par exemple de la gauche vers la droite de l'observateur.

L'appareil peut être utilisé pour la mesure de courtes périodes radioactives, ou de l'activité d'une source. Les résultats sont décrits dans d'autres publications [2].

([2]) Mme Roehrich-Goussu, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1230.

CHIMIE MINÉRALE. — *Utilisation de l'acide nitrilotriacétique pour la séparation des terres cériques par échange d'ions.* Note (*) de M. **Jean Loriers** et Mme **Denyse Carminati**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les trilons ou célons (acide nitrilotriacétique et acide éthylène-diamino-tétracétique) possèdent de remarquables propriétés complexantes qui ont reçu de nombreuses applications analytiques ou industrielles ([1]). Plusieurs auteurs les ont utilisés en particulier pour la séparation des terres rares par précipitations fractionnées ([1]), ([2]), ([3]). Il nous a paru que ces acides pourraient également être employés avec succès comme éluants dans les séparations par échanges d'ions. En effet, les complexes trilons-terres rares présentent des domaines de stabilité dont la limite vers les pH acides varie notablement d'un élément au suivant : par exemple, en présence d'un excès de trilon A (acide nitrilotriacétique) l'acide oxalique ne précipite le lanthane qu'aux pH inférieurs à 6, le praséodyme et le néodyme à pH $< 5,5$, le samarium à pH < 5. En se plaçant dans les conditions convenables, il doit donc être possible d'obtenir par élution avec des solutions de trilon une bonne séparation des terres rares préalablement adsorbées sur une résine échangeuse d'ions.

Dans la présente Note nous décrivons les résultats obtenus par cette méthode au laboratoire des Terres Rares du C. N. R. S. à Bellevue dans la séparation des terres cériques.

Pour toutes nos expériences, la résine utilisée était du type « Dowex 50 » et les opérations étaient conduites suivant le processus habituel : mise de la colonne en cycle acide, fixation du mélange de terres rares, rinçage, élution, précipitation des terres rares fractionnées. L'éluant était préparé en dissolvant le trilon dans l'eau en présence d'ammoniaque, puis en ajustant la solution au pH voulu, après l'avoir éventuellement tamponnée par une faible addition d'acide acétique.

Les résultats de nombreux essais, effectués avec différentes concentrations de trilon (de 10 à 30 g/l) et différentes valeurs du pH (3 à 8 suivant les cas) conduisent aux conclusions suivantes :

1° L'élution par le trilon permet de réaliser des séparations très efficaces. A titre d'exemple, nous avons représenté la courbe d'élution de 10 g de terres cériques contenant 2 % de Sm, 48 % de Nd, 24,5 % de Pr, 0,5 % de Ce et 25 % de La (*fig.* 1). La colonne échangeuse avait 130 cm de long et 3 cm de diamètre, et l'élution avait été faite à pH 4 avec une solution de trilon à 14 g/l.

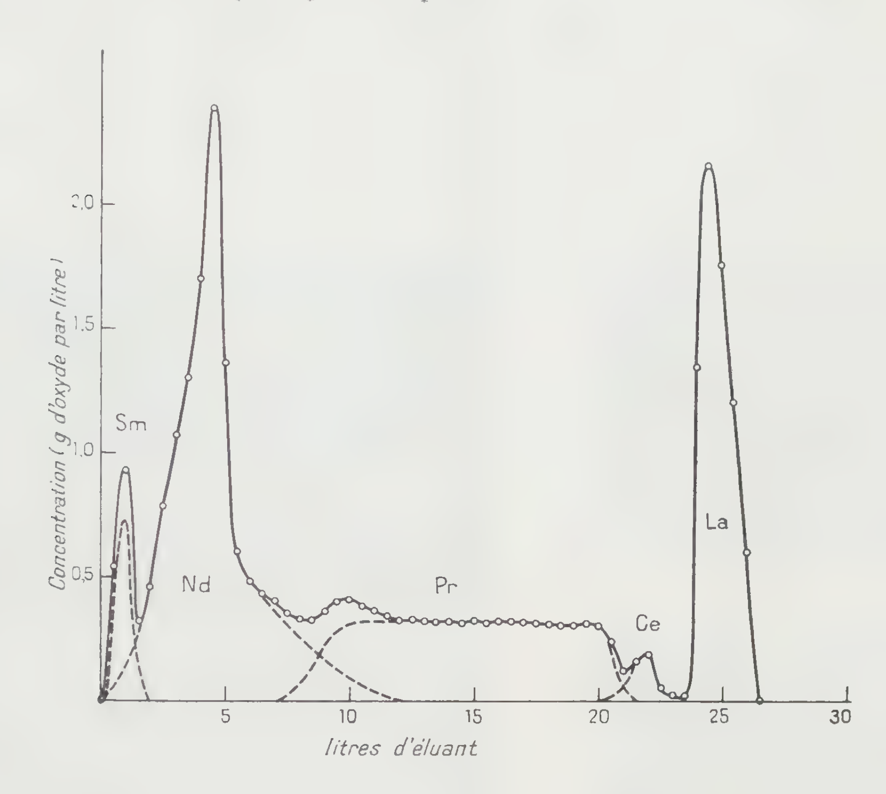
(*) Séance du 16 novembre 1953.

([1]) P. Souchay et M. Graison, *Bull. Soc. Chim.*, **19**, 1952, p. 34.

([2]) Beck, *Helv. Chim. Acta*, **29**, 1946, p. 357; *Mikrochemie*, **33**, 1948, p. 344.

([3]) Marsh, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 1819; 1951, p. 1461; 1951, p. 3057; 1952, p. 4804.

On voit qu'une grande partie du néodyme et du praséodyme (dont les puretés ont été contrôlées au spectrophotomètre) et la presque totalité du lanthane sont obtenus pratiquement purs.



2° Les solutions éluées sont d'autant plus concentrées que le pH est plus élevé, mais la variation de pH n'affecte pas sensiblement la qualité du fractionnement, à condition toutefois de ne pas trop s'écarter du seuil de stabilité du complexe sortant en tête. Les meilleurs résultats pour les terres cériques semblent être obtenus pour des pH de l'ordre de 4 à 6.

3° La sortie des terres rares a lieu immédiatement après le passage du trilon et les solutions éluées sont facilement plus concentrées que celles obtenues avec l'acide citrique, qui est l'éluant habituellement utilisé.

Ce dernier point, qui n'a pas été mis en évidence dans les récentes publications sur la question (4), (5), nous a permis d'adapter la méthode à la séparation rapide de grandes quantités de terres rares. En effet, la dilution est l'inconvénient majeur des séparations par échanges d'ions. Or, si l'on applique la loi d'action de masse aux équilibres trilon-terre rare-résine, on voit facilement que pour accroître la concentration des terres rares dans l'éluant, il faut

(4) F. T. Fitch et D. S. Russell, *Canad. J. Chem.*, **29**, 1951, p. 363.
(5) R. C. Vickery, *J. Chem. Soc.*, **835**, 1952, p. 4357; *Nature*, **170**, 1952, p. 665.

diminuer celle des ions H, et augmenter celle des ions NH_4 et du trilon. Ces trois conditions sont facilement réalisables sans nuire à la qualité de la séparation, et la troisième semble particulièrement intéressante, car elle peut être réalisée sans consommation supplémentaire de réactifs : en effet, en passant d'une consommation de 1 à 2,5 % de trilon, une même séparation peut être obtenue dans un volume quatre fois moindre environ. De plus, le trilon, insoluble en milieu acide, peut être facilement récupéré sans pertes de terres rares.

En appliquant ces principes et en utilisant des colonnes de grande capacité, nous avons pu séparer rapidement et de façon économique des quantités de l'ordre de 300 à 400 g d'oxydes par opération.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Examen direct des métaux par transmission au microscope électronique.* Note de MM. **Raymond Castaing** et **Paul Laborie**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Des échantillons métallurgiques ont pu être amincis par bombardement ionique sur des surfaces assez importantes pour permettre leur examen par transmission au microscope et au diffractographe électroniques. Ce procédé d'amincissement présente de nombreux avantages sur la méthode électrolytique proposée par Heidenreich.

Nous avons repris les expériences de Heidenreich (1) sur l'examen par transmission au microscope électronique d'échantillons métallurgiques convenablement amincis, en nous attachant a obtenir une surface utilisable importante et une épaisseur suffisamment faible pour permettre l'observation à haute résolution. Nos essais se sont limités pour le moment à l'étude d'un alliage Al-Cu 4 % à divers états de revenu.

L'alliage recristallisé sous forme d'une feuille de 0,2 mm d'épaisseur et découpé en pastilles de 3 mm de diamètre, est poli simultanément sur ses deux faces au bain acide perchlorique-acide acétique, un courant d'électrolyte empêchant la formation de bulles; les bords de la pastille sont protégés par un anneau d'aluminium pour limiter le polissage à la partie centrale. L'échantillon, puissamment éclairé d'un côté, est observé de l'autre en cours de polissage au moyen d'une binoculaire à fort grossissement, et le polissage arrêté lorsqu'une portion de la surface commence à devenir translucide (épaisseur 0,05 à 0,1 μ); la vitesse d'attaque étant de l'ordre de 0,05 μ/s, il est difficile, mais non impossible, d'éviter la formation d'un trou dans la partie amincie; nous avons obtenu ainsi des échantillons présentant sur une surface de quelques dizaines de microns carrés une épaisseur assez faible pour que l'observation puisse être faite au grossissement utile de 10 000 environ. La figure 1 montre

(1) *J. Appl. Phys.*, 20, 1949, p. 993-1010.

l'aspect obtenu pour un alliage Al-Cu 4 % revenu 60 h à 200° C. La méthode présente cependant les défauts suivants :

a. Le polissage peut entraîner la formation d'un film d'oxyde superficiel et de redépôts de cuivre, sources d'artefacts dans la micrographie.

b. Les précipités tels que la phase $Al_2Cu\theta'$, moins attaqués que la matrice lors du polissage, présentent un relief considérable et l'image diffère de ce que l'on obtiendrait par une coupe mince idéale.

c. Dès qu'un trou s'est formé, ses bords sont très rapidement dissous, et peu d'échantillons présentent une surface utilisable importante.



Fig. 2. — Gr. : 41 000 (grossissement utile).

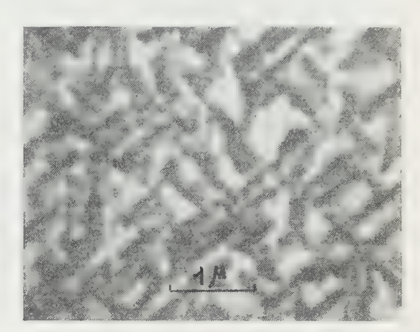


Fig. 1. — Gr. : 11 000.

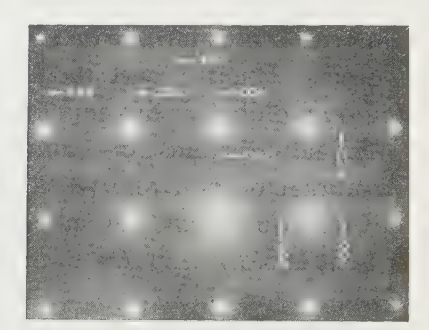


Fig. 3.

Tous ces inconvénients peuvent être évités par une nouvelle méthode d'amincissement utilisant un bombardement ionique. L'échantillon, préaminci par polissage, est soumis successivement sur ses deux faces à l'impact d'un faisceau d'ions parallèle et monocinétique, d'énergie 3 000 eV, et examiné de temps en temps au microscope électronique, jusqu'à obtention d'un amincissement convenable. La méthode présente les avantages suivants sur l'amincissement purement électrolytique :

a. L'échantillon est très propre; d'éventuels films d'oxyde ou dépôts de substances étrangères sont complètement éliminés.

b. Les précipités $Al_2Cu\theta'$ sont pratiquement coupés au ras de la surface.

c. Le bord d'un trou n'est pas attaqué plus rapidement que le reste de

l'échantillon (avantage fondamental) et la vitesse d'attaque (de l'ordre de 0,05 μ/m) peut être réglée à volonté, ce qui supprime les risques d'échauffement de l'échantillon en cours d'amincissement.

Enfin l'état de surface se maintient et aucune corrosion n'apparaît pratiquement, sauf dans le cas d'une orientation particulièrement défavorable du réseau de l'échantillon. La figure 2 montre un exemple de l'aspect obtenu (Al—Cu 4 % revenu 60 h à 200°C); la figure 3 représente le diagramme de diffraction électronique d'un échantillon analogue; les spots (indiqués par deux systèmes de flèches) des deux groupes de précipités observés sur la micrographie sont parfaitement visibles sur l'original; certaines réflexions « interdites » apparaissent bien plus intenses que sur le diagramme de rayons X (002, par exemple).

Divers auteurs ont pu obtenir des couches monocristallines d'alliages d'épaisseur comparable par vaporisation des constituants sur support de sel gemme chauffé, et étudier ces couches par microscopie et diffraction électroniques. Cette méthode se heurte cependant à deux inconvénients fondamentaux : l'évolution structurale d'un alliage en couche mince lors d'un traitement thermique (seul phénomène métallurgique que l'on puisse étudier commodément sur de telles couches) n'est pas forcément identique à celle du métal massif (conditions de diffusion différentes); nous avons observé une apparition plus tardive de la phase $Al_2Cu\theta'$ sur des échantillons préalablement amincis. D'autre part, la méthode d'évaporation sous vide ne permet pas toujours d'obtenir des couches de composition parfaitement définie.

Signalons enfin que l'amincissement par bombardement ionique présente l'avantage de pouvoir être conduit au sein même du microscope électronique, l'observation ayant lieu en cours d'amincissement; nous entreprenons actuellement la réalisation du montage nécessaire.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'évolution de la microstructure d'une solution solide cuivre-zinc depuis l'état faiblement déformé jusqu'à l'état polygonisé.* Note de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Grâce à une méthode d'attaque anodique déjà décrite, on a pu étudier en micrographie optique les transformations subies au cours du recuit entre 200 et 600° par la solution solide cuivre-zinc 65/35, très faiblement écrouie par traction. Le stade final est l'état polygonisé qui n'avait pas encore été signalé dans cet alliage, et l'ensemble des résultats ne peut s'expliquer que par la théorie des dislocations.

Les éprouvettes de laiton α 65/35 ayant servi à l'examen des structures micro et submicroscopiques après faible traction ([1]) ont été soumises à des recuits de durée variable aux températures de 200, 400, 500 et 600°. Après chaque traitement la surface est polie électrolytiquement, puis attaquée dans la solution

([1]) P.-A. Jacquet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1248.

d'hyposulfite de sodium. Les résultats, limités ici à la micrographie optique d'un spécimen préalablement chargé à 4 kg/mm² (début de l'allongement mesurable), peuvent se résumer de la façon suivante :

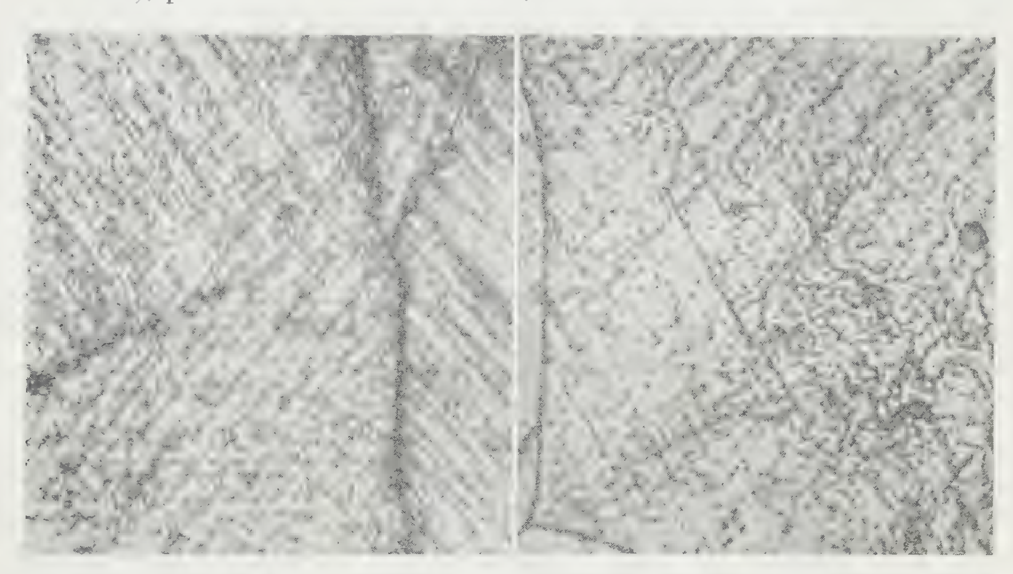


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1 — Traction 4 kg/mm². Recuit 14 h à 200°. (Gr. : 2000.)
Fig. 2. — Spécimen de la figure 1 après recuit supplémentaire de 3 h à 400°. (Gr. : 2000.)

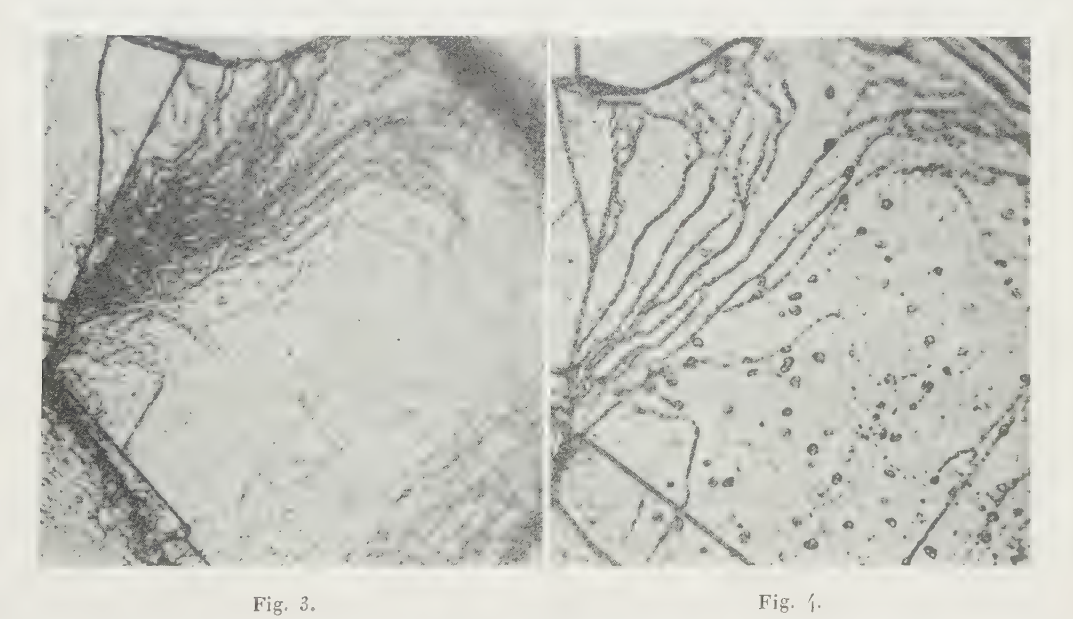


Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 3. — Spécimen de la figure 2 après un nouveau recuit de 1 h à 500°. (Gr. : 1000.)
Fig. 4. — Champ de la figure 3 après deux nouveaux recuits successifs de 2 h à 500° et de 45 mn à .600°. (Gr. : 1000.)

1° Déjà, après 1 h à 200°, on note une nette modification de la microstructure. Les domaines de dissolution sélective tendent à perdre leur caractère

ponctuel et à s'étendre le long des glissements. Au bout de 13 h les figures d'attaque se généralisent en envahissant des régions initialement non réactives, de sorte que l'aspect devient très confus (*fig.* 1).

2° Un nouveau recuit de 1 h à 400° n'apporte pas de changement appréciable. Après 3 h les attaques reprennent une grande finesse, mais sont moins localisées en stries et commencent à s'organiser à quelques endroits en petits segments dessinant un réseau à mailles de 2 à 3 μ. Plus rarement encore l'on observe des amorces de lignes continues. Ces divers apects sont visibles sur la figure 2.

3° Après un recuit supplémentaire de 1 h à 500° apparaissent des faisceaux de lignes continues (*fig.* 3), sensiblement normaux aux glissements parfois encore très faiblement visibles, et se résolvant aux plus forts grossissements en cellules de 2 à 10 μ. Ailleurs l'attaque est beaucoup moins intense et comporte des alignements de points formant un réseau assez lâche. La présence simultanée de ces deux aspects, dont les détails varient d'un grain à l'autre, est en relation avec l'hétérogénéité de la déformation.

4° En prolongeant le traitement à 500°, et surtout en portant la température à 600°, les faisceaux deviennent progressivement moins fournis; c'est-à-dire que le réseau cellulaire s'élargit (*fig.* 4), et il se raccorde à celui déjà amorcé aux stades antérieurs qui se précise maintenant davantage.

5° Après 2 h à 600° la microstructure est typique de l'état de polygonisation grossière, chaque grain étant divisé en un nombre très variable de sous-grains à contours plus ou moins marqués. Si une telle éprouvette est soumise à une faible traction, puis attaquée, la localisation des points d'attaque sur les glissements est fréquemment en relation avec les sous-joints qui peuvent, d'ailleurs, induire parfois une très minime désorientation de ces glissements.

Ces résultats confirment que les microdomaines d'attaque sélective sont bien en rapport avec la distribution et la densité de certaines dislocations ([1]). Ainsi, la méthode utilisée ici serait-elle remarquablement adaptée à l'étude d'autres phénomènes, fatigue et fluage par exemple, dont le mécanisme doit, selon les théories actuelles, être régi par ces mêmes dislocations.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Interprétation du mécanisme de la réaction de Birnbaum-Simonini.* Note de MM. **Georges Darzens** et **Maxence Meyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réaction en cause est une importante méthode générale de dégradation d'acides $R—CO_2H$, soit en l'ester $R—CO_2R$ et par suite en l'alcool R—OH, soit en le dérivé bromé ou chloré RX : corps contenant un atome de carbone de moins que l'acide initial.

En 1869, Birnbaum avait obtenu de l'acétate de méthyle en traitant l'acétate d'argent par l'iode. Simonini généralisait cette réaction en 1892 en montrant que tous les sels d'argent étaient ainsi dégradés et prépara l'alcool pentadécylique normal à l'aide du palmitate d'argent. Gascard, en 1920, prépara de même l'alcool heptadécylique pur, le stéarate d'argent; enfin, Windaus, puis Wieland montraient que les acides glutarique et adipique donnaient ainsi des lactones (1). Par la suite, Luttringhaus et Schade montraient en 1941 que le brome dégradait aussi les sels d'argent, mais en donnant les bromures R Br.

L'année suivante, H. et C. Hunsdicker publiaient un important Mémoire sur le même sujet dont ils réclamaient la priorité ayant breveté cette réaction en 1935 (2).

De nombreux travaux ont été publiés pour élucider le mécanisme de cette réaction; il a été montré que l'iode donne d'abord un complexe où il est trivalent, alors que le brome et le chlore donnent des hypohalogénites R—CO—OX, mais leurs transpositions finales n'ont pas été expliquées. Nous montrons ici que cette dernière phase s'interprète aisément par la formation de dérivés d'oxonium intermédiaires.

Le complexe argentique (I) donne d'abord l'oxonium (II) par suite de la migration de R du carbone à l'oxygène; ce dernier, instable, se décompose en l'ester, CO_2 et Ag I. L'hypobromite donne, par le même mécanisme, R Br.

$$\begin{array}{c}R-CO-O \\ R-CO-O\end{array}\!\!>IAg \;\rightarrow\; \begin{array}{c}R-CO-O \\ CO{=}O(-R)\end{array}\!\!>IAg \;\rightarrow\; R-CO-OR + CO_2 IAg$$

(I) (II)

$$R-CO-OBr \rightarrow CO{=}\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{O}}-Br \rightarrow CO_2 + RBr$$

Cette interprétation est confirmée par une publication de Stoll et Rouvé qui montrent que la dégradation argentique du monoester de l'acide thopsique en ω bromopentadécanoïque est réalisée avec un rendement de 85 %, contre toute attente, dans le trichloéthylène, ce solvant inter-

---

(1) Bornbaum, *Annalen*, **132**, 1869, p. 111; Simonini, *Monatsh*, **13**, 1892, p. 320; Gascard, Thèse, Paris 1920; Wieland, *Annalen*, **446**, 1926, p. 49; Windaus, *Berichte*, **54**, 1921, p. 581; *Ibid.*, **55**, 1922, p. 3981.

(2) Luttringhaus et Schede, *Berichte*, **74**, 1941, p. 1565; Hunsdicker, Brevet français **803941** et DRP **695062**, déc. 1935; *Berichte*, **75**, 1942, p. 291.

venant en favorisant la formation d'un oxonium :

$$\begin{matrix} CCl_2{=}CHCl \\ + \\ R{-}CO{-}OX \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CCl_2{-}CHCl \\ \diagdown \quad \diagup \\ O \\ \diagup \quad \diagdown \\ R{-}CO \quad X \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CCl_2{=}CHCl \\ + \\ CO_2\ RX \end{matrix}$$

D'autre part, Arcus a montré que la dégradation de l'acide α-phényl-propionique actif était accompagné d'une inversion de configuration conformément à notre interprétation [3] :

$$\begin{matrix} H \quad OBr \\ CH_3{-}C{-}CO \\ C_6H_5 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} Br{-}O{-}H \\ CH_3{-}C{-}CO \\ | \\ C_6H_5 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} Br \\ CH_3{-}CH + CO_2 \\ | \\ C_6H_5 \end{matrix}$$

Conclusion. — L'interprétation exposée confirme l'importance du rôle des dérivés d'oxonium dans les transpositions. La dégradation en cause permet d'accéder facilement soit aux esters ou aux lactones dans le cas des diacides, soit aux dérivés bromés ou chlorés correspondants. Cette méthode est particulièrement intéressante pour les corps de poids moléculaire élevé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Coloration des quinones.* Note (*) de MM. **Ernest Cerutti** et **Joseph Martinet**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Deux règles principales peuvent permettre de déduire la coloration des quinones de celle des hydrocarbures, précédemment étudiée [1]. Nous les présenterons tout d'abord comme empiriques.

Première règle. — Influence de la longueur de la chaîne de carbones entre les atomes d'oxygène. Une quinone est d'autant plus colorée que la chaîne de doubles liaisons conjuguées entre les deux carbonyles est plus longue. Voici quelques exemples. D'une manière générale les paraquinones sont jaunes. Parmi les plus colorées citons le phtaloyl-3.4 pyrène rouge orangé, mais il dérive d'un carbure qui est déjà lui-même orangé, si bien que sa coloration provient surtout du jeu de la seconde règle. Par contre dans la violanthrone et l'isoviolanthrone, violettes, les carbonyles sont beaucoup

---

(3) Stool et Roure, *Helv. Chim. Acta*, 34, 1951, p. 98; Arcus, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 1949.

(*) Séance du 16 novembre 1953.

(1) E. Cerutti et J. Martinet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1014.

plus éloignés. Toutefois il faut mettre à part les ortho-quinones qui sont généralement rouges bien que les CO y soient voisins. Nous reviendrons plus loin sur ce fait.

Deuxième règle. — Influence du nombre de formes de Kekulè de l'hydrocarbure et de la quinone. Si nous désignons par Nh et Nq respectivement les nombres de formes de Kekulè de l'hydrocarbure et de la quinone et, si nous appelons R le rapport Nh — Nq/Nh + Nq, on trouve que : lorsque R est positif la quinone est plus colorée que l'hydrocarbure, lorsqu'il est nul leurs colorations sont sensiblement les mêmes et enfin lorsqu'il est négatif c'est l'hydrocarbure qui a la couleur la plus profonde.

Alors que le benzène est incolore, la paraquinone pour laquelle R = 0,33 est jaune d'or. Pour l'amphinaphtoquinone R = 0,5, elle est jaune rouge ou rouge brique alors que le naphtalène est incolore.

Dans les exemples suivants R = 0. La dibenzo-1.2, 6.7 anthraquinone-9.10 est jaune, le carbure correspondant est jaune d'or. La dibenzo-1.2, 7.8 pérylène quinone-3.9 est violette et le carbure violet foncé.

Examinons enfin des exemples pour lesquels R est négatif. La pentacène-quinone-6.13 est jaune alors que le pentacène est bleu violet : R = — 0,2. La mésonaphto-dianthrone est jaune et le carbure bleu foncé : R = — 0,2.

La molécule d'oxygène a un certain caractère de biradical. Entre ses deux atomes on peut introduire soit un groupe vinylène —CH=CH— et l'on arrive au glyoxal soit un groupe paraphénylène et l'on arrive à la benzoquinone. Le caractère radicalaire de l'oxygène est presque anihilé dans le glyoxal et ses vinylogues. En effet, la double liaison carbonylique se forme avec une plus grande énergie que l'éthylénique et, dans la transformation de la forme primitivement envisagée ·O—CH=CH—O· en la forme classique ·O=CH—CH=O· il y a apparition de deux doubles liaisons CO pour la disparition d'une seule double liaison C=C. Par contre cette transformation du caractère de l'oxygène est moins complète dans la série des phénylogues qui comprend les diverses quinones. En effet, pour passer de la forme primitive ·O—C_6H_4—O· à la forme classique, il faut faire disparaître une résonance benzénique d'énergie importante. Le caractère biradicalaire des quinones étant moins atténué que celui des α-diones, elles restent en général des oxydants.

Cependant, dans l'un et l'autre cas, il faut considérer les formes biradicalaires qui statistiquement sont équivalentes aux formes bipolaires responsables de l'absorption lumineuse. Pour étudier la coloration des quinones il est donc nécessaire d'envisager les possibilités d'oscillations électroniques d'un oxygène à l'autre par l'intermédiaire de la forme classique.

A côté des oscillations électroniques d'un atome d'oxygène à l'autre,

il peut se produire des oscillations d'un atome de carbone à l'autre du squelette hydrocarboné. Nous appellerons ces oscillations respectivement Q et H. Une oscillation Q ou H se fait d'autant plus facilement que la forme Q ou H est plus instable, c'est-à-dire que le nombre des formes de Kekulè correspondant Nh ou Nq est plus petit. L'oscillation d'un oxygène à l'autre est donc d'autant plus importante que la différence relative Nh — Nq/Nh + Nq est plus grande. Si ce rapport R est grand c'est l'oscillation entre atomes d'oxygène qui se trouve favorisée, et la quinone est généralement plus colorée que le carbure; sinon c'est l'oscillation dans le squelette hydrocarboné qui devient prépondérante. La seconde règle énoncée se trouve ainsi justifiée.

La première règle n'a rien d'imprévu puisque d'après Lewis on sait que la longueur des oscillateurs a une grande influence sur la profondeur de la coloration. Expliquons toutefois pourquoi les orthoquinones sont plus colorées que les paraquinones. Ceci provient sans doute du fait que la conjugaison doit être bien meilleure entre deux CO qu'entre un CO et une double liaison C=C. Il est bien connu qu'une cétone est incolore alors qu'une α-dione même aliphatique est déjà jaune. Par contre l'aldéhyde crotonique présente bien les bandes d'absorption des doubles liaisons C=O et C=C, mais la bande de conjugaison est si faible qu'elle a longtemps passé inaperçue. Lorsque entre deux carbonyles on introduit une double liaison on entrave la conjugaison qui devrait se produire entre eux. Mais cette entrave est diminuée si l'on remplace la double liaison par une chaîne de doubles liaisons conjuguées, de résonance plus facile. Les orthoquinones se rapprochent des α-diones bien que leur coloration soit rendue plus profonde par une conjugaison meilleure : la rigidité du cycle détruisant l'influence néfaste des chocs thermiques.

On peut s'étonner du fait que la coloration d'une quinone puisse être plus profonde que celle du carbure générateur. Si l'oscillation se faisait d'un sommet à l'autre du squelette hydrocarboné, elle devrait être *a priori* aussi profonde mais non plus. Toutefois il faut alors observer que la présence d'atomes d'oxygènes ayant un excès d'électrons, qui peuvent être fournis au système oscillant, agit comme auxochrome.

GÉOLOGIE. — *Aperçu sur l'histoire géologique et la tectonique de la bordure méridionale du Tell dans les Monts de la Haute Medjerda (Algérie).* Note de M. **Louis David**, présentée par M. Paul Fallot.

Entre la région de Souk-Ahras et la frontière algéro-tunisienne, la bordure méridionale de l'Atlas tellien est constituée par une zone d'écailles.

Entrevu déjà par J. Blayac et J. Dareste de la Chavanne, au début de ce siècle, puis par J. Flandrin, vers 1930, le régime de plis-failles poussés

vers le Sud est caractéristique de la majeure partie du Tell de l'Est Constantinois ; vers la limite sud de la chaîne il s'accentue au contact des plis simples de l'Atlas saharien jusqu'à donner des écailles et même de petits charriages. Le cours actuel de la Medjerda depuis Souk-Ahras jusqu'à la frontière suit de façon presque parfaite le contact entre Tell et Atlas saharien ; la zone dite « des écailles » se situe donc au long de la rive gauche de cet oued.

Si l'on néglige les mouvements épirogéniques préliminaires peu importants, la première phase orogénique est post-lutétienne : elle donne naissance, localement, à des structures en écailles dont le type peut être pris dans la chaîne éocène du Hammam Ouled Zaïd, au Nord-Est de Souk-Ahras, sur la route de Ghardimaou [1]. Il est vraisemblable que les premières montées de Trias à la faveur des principaux accidents, sont de cet âge, sans que l'on puisse, jusqu'à présent, donner une preuve formelle de ce fait.

Les formations dites « numidiennes » sont transgressives sur ce dispositif : leur limite d'extension vers le Sud n'a certainement pas atteint celle du Tell actuel mais reste difficile à préciser en raison de l'érosion et de l'évolution tectonique ultérieures. De même les résultats de la deuxième grande phase orogénique, située vers la fin de l'Oligocène, sont peu analysables du fait de la grande épaisseur et de la monotonie du flysch numidien. On peut observer pourtant une structure de plis et d'écailles avec très importantes montées triasiques le long des plans de chevauchement : de cette époque date la mise en place de la majeure partie du massif de Trias de Souk-Ahras, à la limite du Tell et des plis sahariens. Cette phase est également responsable de la surrection totale de la chaîne tellienne dans ce secteur.

La mer burdigalienne (Cartennien) a ensuite recouvert ce pays violemment plissé. Venue du Sud, elle n'a que peu mordu sur la bordure du massif tellien, n'atteignant nulle part, semble-t-il, la zone des dépôts numidiens restée toujours émergée. Le rivage de la mer miocène se suit d'ailleurs très bien, peu au Nord de la vallée de la Medjerda, en direction Ouest Sud Ouest-Est Nord Est.

La troisième phase majeure est post-cartennienne : le Miocène marin est engagé dans le système d'écailles sud-telliennes, alors que, dans le pays saharien, il s'étale seulement en de vastes synclinaux. Ce Miocène très plissé est bien visible dans les massifs du Djebel el Aouadj et du Djebel bou Bakouch à l'Ouest et au Nord de Souk-Ahras, ainsi qu'aux environs de la gare d'Oued Mougras jusqu'à la frontière tunisienne. De cette époque date aussi la mise en place de nappes de glissement venues du

---

(1) La portion de la zone sud-tellienne étudiée ici se localise entièrement sur les feuilles au 1/50 000e de Souk-Ahras (no 77) et d'O. Mougras (no 78).

Nord et essentiellement formées par du Numidien : ainsi l'unité de recouvrement du Guern Djedi-Djebel el Hamra, à 10 km au Nord-Est de Souk-Ahras, que l'on voit reposer en particulier sur les formations burdigaliennes par l'intermédiaire d'une lame de Trias dont l'épaisseur varie de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Il apparaît déjà que le Djebel bou Bakouch et le massif du Djebel Kelaïa (Nord et Ouest de la ville) sont le prolongement de cette unité de recouvrement morcelée par l'érosion, mais leur étude est encore en cours.

L'amplitude du déplacement de ces massifs numidiens est faible : de l'ordre de 5 à 6 km seulement; en effet rien ne permet de penser que, au Nord, l'immense pays numidien qui forme l'ossature du Tell depuis la région de Lamy jusqu'à la Kroumirie puisse ne pas être en place.

Enfin une phase posthume, intrapliocène, a provoqué l'effondrement de grands bassins indépendants des plis telliens et sahariens : ceux de Gambetta et du Nador sont situés dans cette région. Elle a aussi causé le rejeu local et faible de quelques fractures antérieures, par exemple au Nord de la gare d'Oued Mougras.

Il faut noter le rôle particulier du Trias dans ces phénomènes tectoniques du Tell : très plastique, il a suivi les principales fractures et plans de chevauchement pour venir au jour — et ceci dès les premières grandes phases orogéniques. Il souligne ainsi d'un liséré bien reconnaissable, quoique parfois réduit à quelques mètres de largeur, la plupart des accidents longitudinaux et les cassures transverses les plus importantes. Il a également servi de lubrifiant aux nappes de glissement.

La mise en évidence, aux confins algéro-tunisiens, d'une telle structure en écailles avec nappes de glissement soulignant la limite Sud de l'Atlas tellien, montre la continuité vraisemblable de ce style tectonique tout au long du bord méridional de la chaîne : en effet il s'agit de structures analogues à celles découvertes par A. Caire et M. Mattauer au Sud d'Alger, depuis la région de Teniet el Haad jusqu'à la zone sub-bibanique (2). Le matériel charrié est le même : Numidien avec rares lambeaux éocènes ou sénoniens; la mise en place est de même âge, post-burdigalienne, avec début très probable du cheminement lors de la grande phase de surrection post-oligocène; seule l'amplitude du déplacement paraît beaucoup plus faible dans notre région.

Ainsi, il semble que l'on puisse individualiser tout au long de la zone sud-tellienne un type de structures où les phénomènes tectoniques tangentiels ont eu un rôle prépondérant.

---

(2) A. Caire, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, Trav. Récents, 3, 1952, p. 17-50, 10 figures. A. Caire et M. Mattauer, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 656; M. Mattauer, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 623.

GÉOLOGIE. — *La série métamorphique du Canigou (Pyrénées-Orientales).* Note de M. **Gérard Guitard**, transmise par M. Pierre Pruvost.

A la lumière d'observations nouvelles, la puissante série d'embréchites œillées du Canigou apparaît interstratifiée entre un Ordovicien inférieur, relativement peu métamorphique, et une vaste série cambrienne du type « gneiss d'injection » passant en profondeur à des anatéxites.

J'avais antérieurement (¹) montré que les migmatites hercyniennes des massifs d'entre Têt et Tech étaient des gneiss œillés ou embréchites, associés à des granites tardimigmatiques.

Depuis, la cartographie de la région centrale du Canigou est venue apporter un jour nouveau sur la constitution de cet anticlinal. En effet, lors de l'orogénèse tertiaire, cette partie du massif a été soulevée d'environ 3 000 m relativement à l'ensemble des migmatites plus occidentales. Il en est résulté : 1° l'énorme cisaillement qui, depuis Mantet jusqu'à Vernet-les-Bains, longe le flanc ouest du Canigou; 2° une tectonique en écailles imbriquées avec chevauchements sur le versant Nord du massif; 3° mais surtout, par la surrection ainsi réalisée, la mise à découvert après érosion du substratum *sous-embréchitique inconnu de nous jusqu'alors*. En outre, alors qu'au Nord du massif les embréchites sont décollées de leur plancher (Fillols-Balatg), sur le versant Sud moins redressé, les embréchites reposent normalement sur les formations sous-jacentes.

J'ai pu relever, depuis Prats de Mollo au Sud-Est jusqu'à Vernet-les-Bains au Nord-Ouest, une coupe continue qui nous découvre une puissante série compréhensive et *strictement concordante*, ainsi décomposée de haut en bas :

a. Série de Canaveille, P. Cavet (²) (environ 1 000 m) : séricito- et chloritoschistes avec intercalations calcaréodolomitiques; dont la base est métamorphisée au contact des embréchites.

b. Embréchites œillées du Canigou (environ 2 500 m) : elles admettent des intercalations leptinitiques bien développées au sommet, ainsi que quelques niveaux d'amphibolites. Leur base montre plusieurs septa récurrents de micaschistes feldspathisés.

c. Série de Balatg (environ 2 500 m) : micaschistes à deux micas et plagioclase (an. 15 à 35) avec andalousite, cordiérite et almandin; embréchites leptinitiques associées à des quartzites, des pseudoleptynolites (psammites feldspathisés) et quelques bancs d'amphibolite minces. Ce sont

(¹) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 101 et *C. R. Som. Soc. Géo. Fr.*, 1953, p. 138-140.

(²) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 743.

les *gneiss de Quazemi*, sorte de vaste amande, dont la puissance atteint le millier de mètres; cipolins de Py, Balatg et Canigou (calcaires et dolomies à minéraux et tactites) ; amas basiques gabbrodioritiques. On rencontre encore dans cette série quelques bancs d'embréchite œillée, mais au fur et à mesure que l'on descend, les aspects de « gneiss d'injection » et d'artérite dominent.

d. Les métamorphites les plus profondes sont les *anatéxites plissotées du Cady* avec panneaux enclavés de micaschiste, cipolin, gneiss leptinitique, et amas basique. Les aspects nébulitiques, agmatitiques y sont habituels.

e. Enfin dans la série de Balatg, de même que dans les embréchites susjacentes, il existe des corps et filons de *granite leucocrate d'allure syncinématique*, avec un cortège aplitopegmatitique.

Conclusions. — I. *Relativement à la migmatisation.* — Les embréchites œillées du Canigou ne constituent pas des formations basales. Elles ont une *disposition stratoïde* et admettent un toit sur lequel repose la série de Canaveille et un plancher qui repose lui-même sur la série de Balatg. Cette disposition rappelle les grandes voûtes et « feuillets intrusifs » du granite du Lys décrits par E. Raguin dès 1934 ([3]). On peut ainsi en rapprocher la disposition « chonolithique » des granites tardifs de Bigorre, d'après P. Hupé ([4]). D'autre part, dans le Canigou deux enveloppes entourent une zone centrale d'anatéxite : l'une superficielle est formée de *migmatites homogènes* (embréchites œillées), alors que l'autre plus profonde, montre des *migmatites hétérogènes*, où la discontinuité pétrographique entre trame et « ichor » est nettement accusée.

II. *Relativement à la stratigraphie des formations infracaradociennes.* — P. Cavet ([5]) attribue un âge cambrien et vraisemblablement acadien aux calcaires de la série de Canaveille (horizon des gites de fer du Canigou). Nous pensons plutôt que ces calcaires appartiennent à l'Ordovicien inférieur et correspondent aux « calcaires métallifères » de Caralp qui ont été l'objet de levés dans l'Ariège par De Sitter et Zwart ([6]), après que J. Durand et E. Raguin ([7]) eurent confirmé leur position ordovicienne et non dévonienne. Par contre, les cipolins de la série de Balatg (100 m) représentent sûrement le Cambrien. De même, en Haute-Garonne, J. P. Destombes ([8]) a décrit la série continue infragothlandienne de Squiéry, où il montre la superposition de deux séries calcaires : la supérieure (calcaires métalli-

---

([3]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4, 1934, p. 421.

([4]) *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 1949, p. 59-60.

([5]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 858.

([6]) *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 1950, p. 229-231.

([7]) *Bull. Soc. Géo. Fr.*, (5), 13, 1943, p. 9-19.

([8]) *XIXe Congr. Géol. Int.*, 1952, Rés. Comm., Sec. II, p. 7.

fères) est attribuée, après Caralp, à l'Ordovicien inférieur; la série inférieure au Cambrien. Dans le Canigou nos deux séries calcaires sont séparées par les embréchites œillées. Nous serions tentés de voir dans les gneiss de Quazemi, qui représentent à l'origine une série détritique, l'équivalent des grès de Marcory dans la Montagne Noire.

Ainsi, la zonéographie des migmatites s'alignerait de la façon suivante sur le canevas stratigraphique :

Ordovicien inférieur Cambrien supérieur	Série de Canaveille et embréchites œillées (3500 m).
Cambrien moyen Cambrien inférieur Infracambrien	Série de Balatg et anatéxites du Cady ($\geq$2500 m).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les terrasses d'abrasion marine des régions de Djeblé et de Tartous (Syrie).* Note (*) de M. **Étienne de Vaumas**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Du Nahr et Kebir septentrional au Nahr el Kebir méridional, les différentes transgressions de la mer au Quaternaire ont laissé de nombreuses traces morphologiques comme c'était déjà le cas dans la région de Lattaquié [1].

1. *Du Nahr el Kebir septentrional au Nahr er Rouss*, on peut observer de la mer vers l'intérieur la succession de formes suivante : d'abord un cordon de dunes qui a régularisé la côte entre l'embouchure du Nahr er Rouss et le promontoire de Lattaquié et à l'arrière duquel se trouve une dépression lagunaire encore mal colmatée. Une terrasse assez large, utilisée par la grande route littorale, domine cette dépression; elle est recouverte de dépôts et de dunes plus ou moins fixées, sa hauteur moyenne est de 25/35 m. De très larges replats aux environs des villages de Hennadi, de Mitirkié et de Sallourine, constituent certainement les restes d'une terrasse plus élevée dont le profil transversal va de 50 m à l'aval à 75 m à l'amont. Enfin un dernier replat, près du village de Stamo, nettement distinct des précédents et situé à 90/110 m d'altitude, serait l'ultime témoin d'une terrasse encore plus haute.

Des terrasses très étendues existent donc dans cette région. L'absence de falaises mortes ou leur manque de netteté quand elles existent, ne permet guère cependant d'arriver à une distinction rigoureusement précise de ces terrasses.

(*) Séance du 16 novembre 1953.

(1) E. de Vaumas, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1266.

2. *Du Nahr er Rouss au Nahr Sène*, la plaine de Djeblé est très pauvre en formes marines anciennes. On peut simplement noter en bordure de la mer que domine une falaise vive (au moins jusqu'au Nahr Bourrhroul) un niveau de 10/15 m dont la limite amont n'est nulle part identifiable. Au contact de la mer et de la montagne, une brusque rupture de pente à 90/100 m d'altitude, correspond certainement à une ancienne ligne de rivage.

3. *Du Nahr Sène au promontoire du Markab*, on voit de part et d'autre de la source du Nahr Sène, deux beaux fragments d'une terrasse limitée à l'amont à 20 m d'altitude par une falaise morte.

Dans la plaine de Banias, une très belle terrasse existe sur 9 à 10 km de longueur. Elle a une largeur de 1 à 2 km et se termine partout très exactement le long de la courbe de 50 m où elle bute contre la montagne.

4. *Du promontoire du Markab jusqu'au Nahr Houssaïné*, les formes marines anciennes ne présentent aucun phénomène saillant.

5. Il n'en est pas de même *de part et d'autre de la petite ville de Tartous* où l'on se trouve à nouveau devant un très bel ensemble de terrasses.

Le long de la mer s'étend une plaine de 1 à 2 km de large que borde une falaise morte dont la base est à 15/20 m. De très vastes replats limités eux aussi à l'amont par une falaise morte s'étalent à l'Est de cette falaise. Ils constituent les témoins d'une ancienne terrasse dont l'altitude est décroissante du Nord vers le Sud : la limite amont de celle-ci est en effet à 80 m au Nord de l'ouadi Rhamqa, à 70 m entre l'ouadi Rhamqa et l'ouadi el Qablé, à 60 m au Sud de l'ouadi el Qablé. Cette terrasse a donc été déformée. A l'Est de celle-ci, des replats situés à 90/100 m de hauteur près des villages de Beit Aliane, de Majdaloun et de Yahmour, donnent à penser qu'une terrasse encore plus haute existait à cette altitude. L'absence de falaise morte vraiment caractéristique, empêche cependant d'être affirmatif sur ce point.

Conclusions. — Les différents ensembles de terrasses reconnues sur la côte syrienne entre les deux Nahr el Kebir posent un difficile problème de coordination qui sera discuté plus à fond dans un Mémoire ultérieur. Les formes en effet ne sont pas toujours très nettes et laissent place au doute. Les déformations orogéniques par ailleurs ont modifié l'altitude primitive des terrasses de telle sorte que des niveaux contemporains se trouvent parfois à des hauteurs différentes.

Quoiqu'il en soit de ces réserves, il semble qu'on puisse cependant répartir les terrasses d'abrasion marine de la côte syrienne en quatre niveaux principaux qui correspondent approximativement aux altitudes suivantes : 15/20 m, 35/45 m, 60/80 m, 90/120 m.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Mesures de la vitesse de sédimentation et d'érosion dans des estuaires bretons.* Note de M. **André Guilcher**, transmise par M. Emmanuel de Margerie.

Dans toutes les vasières étudiées, il y a eu en 24 mois dépôt de vase sur le schorre, sauf aux points les plus élevés. En au moins une des vasières, les microfalaises du schorre montrent un recul latéral concomitant généralisé.

En septembre 1951, des semis de sable de 1 m de diamètre ont été faits, selon la méthode de Steers [1], sur des schorres ou des hautes slikkes dans les vasières des estuaires du Conquet, du Faou et de Keroullé (Finistère les deux derniers en rade de Brest). En septembre 1953, des carottages aux mêmes endroits ont donné les épaisseurs suivantes de vase déposée sur les semis de 1951 :

Estuaire du Conquet (bras de Kerjean) :

Point O : 14 mm.
Point C : 29 mm.
Point D : 14 mm.
Point E : 13,5 et 18 mm.
Point F : 9 et 10 mm.
Point G : 14 mm.
Point H : 11,5 mm.

Estuaire du Faou (bras de Rosnoën) :

Point J : 0 mm.
Point K : 0 mm.
Point L : 2,5 mm.
Point M : 60 et 55 mm.
Point N : 45 et 40 mm.
Point O : 0,5 à 2,5 mm.

Estuaire de Keroullé (bras de Keraliou) :

Point P : 20 à 23 mm.
Point R : 7 mm.
Point T : 8 mm.
Point U : 11 mm.

Au Conquet, le schorre étudié porte essentiellement des *Glyceria*, que précède assez souvent une végétation de Salicornes dans les parties un

---

[1] J. A. Sterrs, *The Coalstline of England and Wales.* Cambridge, 2e édit., 1948, p. 525-535. Voir également : Niels Nielsen. *Eine Methode zur exakten Sedimentationsmessung. Studien über die Marschbildung auf der Halbinsel Skalling. Kgl. Danske Videns. Selskab.*, (*Biol. Meddel.*, XII, 4, 1935, 97 pages).

peu plus basses (C, E). Au Faou, la haute slikke (M, N) porte des Salicornes éparses; puis vient au-dessus un schorre à Salicornes et Asters en peuplement serré (K, L, O), et, enfin, des Joncs (J). Des Obiones bordent les chenaux de marée de ce schorre. A Keroullé, la végétation ressemble à celle du Faou, avec moins de Joncs.

En tous les points, sauf certains de ceux du schorre du Faou, on voit qu'il s'est produit un dépôt de vase durant ces 24 mois; l'épaisseur de dépôt est en relation inverse avec l'altitude des points, c'est-à-dire en relation directe avec la durée d'immersion, qui commande la sédimentation. Ainsi, dans l'estuaire du Conquet, le point C couvre 2 h 05 avant une pleine mer de coefficient 104, le point E 1 h 54 avant, le point D 1 h 53 avant, le point A 1 h 39 avant, le point G 1 h 34 avant, le point H 1 h 30 avant, et le point F 1 h 25 avant. Dans l'estuaire du Faou, les semis sur haute slikke (M et N), qui couvrent en marée de coefficient 55 environ, sont le lieu d'une sédimentation considérable, alors qu'en J et K, où la mer ne vient que par coefficient de 95 à 100, le sable semé en 1951 était encore en surface en 1953; à Keroullé, les relations générales sont analogues (P est sur une haute slikke peuplée surtout d'Obiones; R, T et U sont plus élevés et situés sur le schorre).

Au Conquet, des mesures de distances faites à partir des piquets-repères des semis ont montré, d'autre part, que les bords des buttes de ce schorre de vase sableuse, qui est très morcelé, reculent en tous les endroits mesurés (de 0,02 m à 2,21 m en 24 mois suivant les endroits, le recul maximum étant réalisé en un lieu où le courant de marée exerce une érosion latérale importante sur la microfalaise de vase du schorre). Ainsi, le même schorre est l'objet d'une sédimentation dans le sens vertical, et d'une érosion dans le sens latéral, la vase remise en circuit par rongement des microfalaises se redéposant sur le sommet du schorre et, vraisemblablement aussi, sur les slikkes qui deviennent peu à peu schorres. Il y aurait donc un véritable *cycle de la vase*, cycle étant pris au sens précis de circuit fermé.

Au Faou, certaines berges du schorre ont reculé, mais d'autres ont progressé. La progression paraît liée, au moins en partie, à la végétation d'Obiones qui forme un bourrelet continu au bord des chenaux de marée, alors que ce bourrelet d'Obiones n'existe pas au Conquet. Toutefois, à Keroullé, la présence d'Obiones n'empêche pas un recul de 0,30 m en un point, peut-être en partie parce que les berges sont abruptes. La continuation des observations dans les années à venir permettra vraisemblablement de voir de façon plus nette comment évoluent les microfalaises au Faou et à Keroullé.

Enfin, des photos-repères ont été prises en 1951 et 1953. Leur comparaison est déjà intéressante, mais sera beaucoup plus fructueuse lorsqu'un plus long laps de temps se sera écoulé depuis le premier cliché.

Les semis étant assez étendus pour permettre de nombreux carottages, l'évolution pourra être facilement suivie pendant 20 ou 30 ans au minimum, à raison d'un carottage par semis tous les deux ans. De nouveaux semis ont été faits en septembre 1953 à Tariec dans l'Aber Benoît (Finistère), et seront suivis de la même façon.

GÉOPHYSIQUE. — *Remarques sur l'interprétation générale des anomalies de Bouguer.* Note (*) de Mlle **Suzanne Coron**, présentée par M. Pierre Lejay.

Un des critères les plus généralement utilisés pour apprécier dans quelle mesure la compensation isostatique est réalisée dans une région, consiste à rechercher la relation entre les anomalies de Bouguer et les altitudes des stations (ou mieux des régions avoisinantes). Il est clair, en effet, que la correction de Bouguer ramenant les valeurs de g à celles qu'on observerait sur une Terre nivelée, au niveau du géoïde, celles-ci restent affectées de l'influence des masses de compensation qui est, en première approximation, fonction de l'altitude moyenne de la région. Dans le cas où les stations seraient situées sur de très vastes plateaux, et la compensation assurée, par conséquent, par un déficit de masse réparti également dans une couche régulière, les deux actions du plateau superficiel et de la couche profonde, étant égales et de signe opposé, le coefficient de proportionnalité c des anomalies de Bouguer en fonction de l'altitude serait bien le coefficient même de la « correction de plateau », soit 1 mgl pour 10 m, à l'influence de la courbure de la Terre près.

Au cours de notre étude sur les anomalies de Bouguer dans les massifs montagneux de France, nous avons constaté que, dans les Alpes aussi bien que dans le Massif Central, les anomalies se groupent autour d'une droite, mais que la pente de cette droite se trouve comprise, suivant les régions, entre 0,4 et 0,8 mgl pour 10 m (*fig.* 1).

Des résultats analogues ont été trouvés en de nombreux pays; par exemple, les coefficients donnés pour le Caucase, la Norvège, les Alpes Centrales et les Carpathes sont respectivement : 0,62-0,80-0,39-0,53 ([1]). De nombreux géodésiens, en particulier pour les Carpathes et la Syrie ([2]), ont déduit de cette constatation que la compensation isostatique n'était que partiellement réalisée; cette argumentation ne nous paraît pas correcte.

La réalité est, en effet, assez éloignée du schéma ci-dessus. Outre le fait que la couche de compensation ne peut être assimilée à un plateau

---

(*) Séance du 16 novembre 1953.

([1]) W. Heiskanen, *Pub. Inst. Isost.*, Helsinki, 1950, n° 24.

([2]) L. Tanni, *Pub. Inst. Isost.*, Helsinki, 1942, n° 11; H. de Cizancourt, *Sur la tectonique profonde de la Syrie et du Liban*, Beyrouth, 1948.

indéfini (l'influence de la courbure de la Terre ne pouvant être négligée à une certaine profondeur) cette couche compensatrice est affectée d'irrégularités inverses des irrégularités topographiques. Le raisonnement

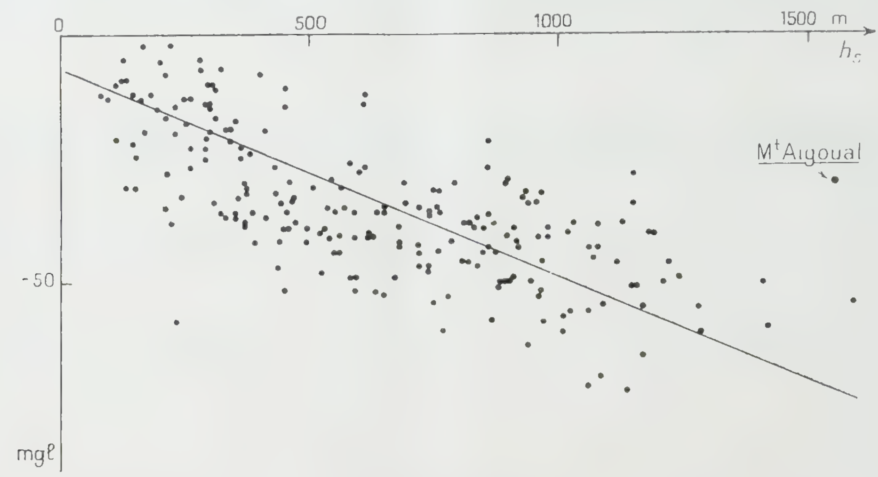


Fig. 1. — Anomalies de Bouguer modifiées pour le relief (Massif Central).

précédent ne peut donc pas être appliqué; le coefficient c ne pourrait être de 1 mgl pour 10 m que si l'on tenait compte, au préalable, de l'influence de la *compensation des irrégularités de relief*, c'est-à-dire si l'on ajoutait à l'anomalie de Bouguer, l'action $\Sigma A' - \Sigma B'$ des dénivellations par rapport à la couche régulière P′ (*fig.* 2). La correction totale à apporter $\Sigma A' - \Sigma B'$

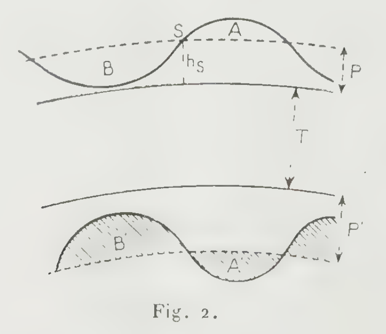


Fig. 2.

sera systématiquement positive pour les stations de faible altitude, fortement négative pour les stations élevées par rapport à l'ensemble de la région (elle est, par exemple de — 91 mgl au Mont Aigoual où l'anomalie de Bouguer est de — 30 mgl).

Sur la figure 3, nous avons reporté les anomalies de Bouguer corrigées de l'action des irrégularités de relief et de *leur compensation* calculée jusqu'à la zone O_2 de Hayford (167 km) dans l'hypothèse d'Airy (T = 30 km). La pente de la droite sur laquelle s'alignent les anomalies en fonction de

l'altitude (avec une faible dispersion résiduelle due aux actions locales) est bien celle que donnerait une compensation *locale* parfaite ou tout au moins d'un faible degré de régionalité (droite D).

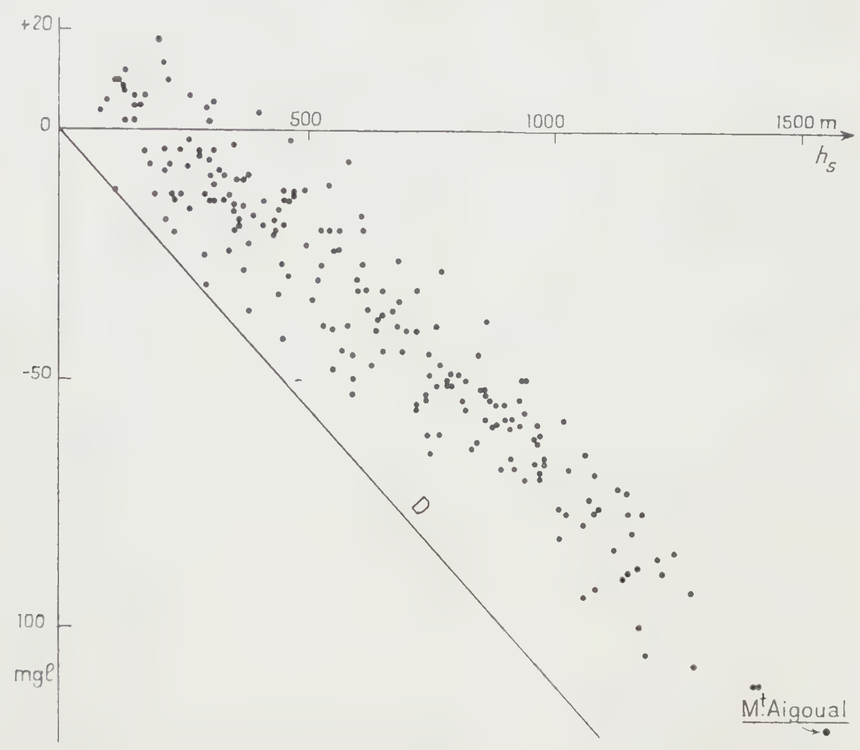


Fig. 3. — Anomalies de Bouguer modifiées pour le relief et sa compensation.

Ce résultat nous conduit à penser que la question de la compensation soi-disant imparfaite des grands massifs montagneux du monde, devrait être reprise.

PALÉONTOLOGIE. — *L'évolution des Turrilitidés albiens et cénomaniens.* Note de M. **Maurice Breistroffer**, transmise par M. Léon Moret.

Apparus brusquement à l'Albien moyen, mais ne descendant pas des *Heteroceratidæ*, les *Turrilitidæ* les plus primitifs ont des tours disjoints, dextres ou sénestres, avec siphon placé vers le milieu de la spire externe. Puis les tours s'emboitent et la coquille devient turriculée tandis que le siphon migre vers la suture supérieure et que les cloisons deviennent très asymétriques.

Les Turrilitidæ Meek 1876 em. Hyatt 1900 (= Turriculacea Blainv. 1824) n'apparaissent qu'au Mésoalbien. Non encore turriculés et à spire aussi souvent dextre que sénestre, les *Subhelicoceras* nov. gen. (G.-T : *T. bituberculatus* d'Orb. 1842, *pl.* CXLI, *fig.* 7-10) gardent des tours bas et arron-

dis, non en contact, avec siphon placé sur une bande aplatie vers le milieu externe, entre 2 gros tubercules réunissant chacun 2 ou 3 côtes flexueuses; cloisons à grand L^1 bifide et petit L^2 subtrifide. Aussi à siphon médian, les *Pseudhelicoceras* Spath 1922 (G.-T.: *T. robertianus* d'Orb. 1842) néoalbiens ont un enroulement très lâche au début et des tours non jointifs à la fin; les côtes portent 4 tubercules, dont 3 fort gros et réunis par de triples costules, avec 1 ou 2 intercalaires simples chez le jeune et un affaiblissement de l'ornementation chez l'adulte; cloisons compliquées à énorme lobe siphonal fort ramifié, dépassant beaucoup L^1 et L^2 bifides.

De ces *Pseudhelicoceratinæ* nov. subfam. se rapprochent les *Parahelicoceras* nov. gen. (G.-T. : *T. catenatus* d'Orb. 1842, *pl.* XCL, *fig.* 1-3) du Mésoalbien, dont la spire encore souvent dextre découvre un large ombilic; les tours simplement en contact, le dernier tendant à se disjoindre, ne sont pas creusés sur la face supérieure aplatie; le siphon reste un peu en-dessous de la suture supérieure et peu au-dessus des 2 rangs de tubercules, réunis par un chaînon; simples et droites en bas, les côtes sont bifurquées en haut, avec une intercalaire simple par endroits; cloisons à grand L^1 bifide, L^2 subtrifide. Les *Parostlingoceras* nov. subgen. (s. G.-T. : *T. Moutonianus* d'Orb. 1842, *pl.* CXLVIII, *fig.* 7-8) ont un ombilic étroit, de hauts tours aplatis, serrés les uns contre les autres et ornés de côtes flexueuses souvent bifurquées, sans chaînons et presque sans tubercules longitudinaux; le siphon est sur une dépression infra-médiane. Au Néoalbien, les *Hemiturrilites* nov. subgen. (s. G.-T. : *T. elegans* d'Orb. 1842, *pl* CXL, *fig* 6-7) gardent des tours juxtaposés et subarrondis en dessus, tandis que le siphon submédian reste sur une large bande déprimée, entre les 2 rangs supérieurs de tubercules et les 2 inférieurs, tous étirés longitudinalement et très subordonnés aux côtés obliquement sinueuses sans chaînons ni intercalaires.

Les *Proturrilitoides* nob. 1940 (s. G.-T. : *T. astierianus* d'Orb. 1842) du Mésoalbien sont encore des Rotundati à courte spire dextre ou sénestre d'angle spiral très ouvert, à ombilic fort large, à tours bas et arrondis, seulement en contact, avec siphon supra-médian et bouche à peine marquée par l'espacement de côtes renforcées. La remontée du siphon à la suture supérieure aboutit aux *Turrilitoides* Spath 1923 (G.-T. : *T. hugardianus* d'Orb 1842) de l'Eovraconien, à tours emboitants avec face supérieure excavée et à bouche allongée, précédée d'une forte constriction entre 2 gros bourrelets.

De ces Angulati costés dérivent à l'Eovraconien les *Paraturrilites* nob. 1947 (G.-T. : *T. gresslyi* Pict. et C. 1861) ; les tubercules ponctiformes, très subordonnés aux côtes flexueuses dans *P. escherianus*, se renforcent dans *P. nobilis* var. *cruciana*. Au Néovraconien, le 4ᵉ rang de tubercules prend presque autant d'importance que les 3 autres et les côtes s'affaiblissent,

mais les 4 tubercules longitudinalement étirés restent alignés en lignes obliques chez les « *Mariella* » Nowak 1916 (G.-T. : *T. bergeri* Brongn. 1822) (non Gray 1835 corr. Moerch, 1865) à tours assez arrondis et peu excavés; cloisons à L^1 et L^2 bifides. A l'Eocénomanien, les côtes s'effacent et les tubercules arrondis s'en libèrent sur une spire devenue presque toujours sénestre dans le gr. *cenomanensis*.

Il en dérive les *Hypoturrilites* Shim. 1935 (G.-T. : *T. komotai* Yabe, 1904) de l'Éocénomanien, à tubercules très inégaux, dont 1 rang de très gros vers le milieu des tours sénestres et 3 ou 2 de petits presque doublés et souvent étirés spiralement en bas des tours. Les faibles côtés en zigzag du gr. *tuberculatoplicatus* s'effacent dans le gr. *gravesianus* à L^1 trifide, mais l'angle spiral devient aigu dans le gr. *carcitanensis* à tours élevés, tubercules inférieurs arrondis et L^1 subtrifide ; *H.* (?) *simplex* n'a plus qu'un seul rang de gros tubercules supra-médians.

Encore représentés dans le Vraconien de l'Inde par le groupe parahélicocératiforme de *P. circumtæniatus*, les *Paraturrilites* donnent au Texas les *Plesioturrilites* nov. subgen. (s. G.-T. : *T. brazœnsis* Roem. 1852, *pl.* III, *fig.* 2; Hill 1901, *pl.* XXXVII, *fig.* 3 *a*) de l'Eocénomanien, dont les paires de tubercules supérieurs sont éloignées par un profond canal des 3e et 4e rangs, disposés sur des lignes très obliques et alternant entre eux sur une bande spirale élevée.

Des *Ostlingoceras* Hyatt 1900 (s. G.-T. : *T. puzosianus* d'Orb. 1842) néovraconiens-éocénomaniens, dérivent au Cénomanien moyen, les *Turrilites* Lamk. 1801 (G.-T. ; *T. costatus* Lamk. 1801) semicostés et tuberculisés, avec ombilic presque fermé et bouche à capuchon, les cloisons ayant L^1 et L^2 bifides ou très obliquement subtrifides. Simplement costé, *Euturrilites* nov. (s. G.-T. : *T. scheuchzerianus* Bosc. 1801 em. Sharpe, 1857, *pl.* XXVI, *fig.* 1) (= « *Turbinites* » Dubourd. 1953, non Martin 1809) en diffère moins que *Mesoturrilites* nov. subgen. (s. G.-T. : *T. aumalensis* Coq. 1862 em. Perv. 1910, *pl.* V, *fig.* 22), trituberulisé à rang médian de tubercules arrondis et à rangs inférieurs allongés dans le sens spiral sur les bords d'une gouttière. A cloisons simplifiées, les *Carthaginites* Pervinq. 1907 (G.-T. : *T. kerimensis* Perv. 1907) peu ornés de l'Éocénomanien succèdent aux *Raynaudia* Dubourd. 1953 (G.-T. : *T. raynaudiensis* Collign. 1932) du Néoalbien, dont la spire est encore aussi souvent dextre que sénestre, contrairement à celles des grands *Turrilitinæ* sénestres du Cénomanien à tours élevés et aplatis, profondément emboîtants et à siphon toujours placé à la suture supérieure ou même en dedans.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations histophysiologiques des racines du* Lens culinaris *Med. à la suite de traitements auxiniques.* Note (*) de M. **Paul-Émile Pilet**, transmise par M. Henri Devaux.

Des traitements par l'acide α-naphtylacétique concentré entraînent l'inhibition du développement des racines, l'apparition de pseudo-radicelles et des modifications histologiques importantes : suber et parenchyme cortical plus abondants, péricycle activé, formation intensive d'éléments lignifiés, apparition d'hydrocystes évoluant en vaisseaux de bois. Le rôle des substances de croissance s'explique par leur action directe sur la cellule et le métabolisme.

En précisant l'action de diverses substances de croissance sur le développement des racines du *Lens* [1], nous relevions déjà les importantes modifications histologiques qui accompagnent toujours un traitement auxinique. Dans les essais qui vont suivre nous avons utilisé diverses substances de croissance dont l'action s'est révélée être à peu près identique. Nous ne retiendrons ici que les résultats obtenus pour l'acide α-naphtylacétique. Signalons l'étude récente de Beal [2] dans laquelle on trouvera quelques indications bibliographiques.

Les plantules sont traitées, un jour après le début de la germination sur de la sciure humide et stérile, par la substance mentionnée (250 cm^3 à 10^{-3} mol pour 1 500 cm^3 de sciure de 2,5 cm d'épaisseur); les cultures sont faites à l'obscurité, à une température de 22° $\pm$ 1 et à une humidité de 75 % $\pm$ 5.

La *morphologie externe* de la racine est considérablement changée : on observe en effet (*fig.* 1) un raccourcissement de celle-ci et une très forte production de radicelles ainsi que le notaient déjà Harrisson [3], Solacolu [4], Carlton [5] et Watson [6]. Les radicelles ne présentent pas un aspect normal : plus courtes elles paraissent tuméfiées tout en étant gonflées de réserves glucidiques [7]. Ces observations confirment les travaux de Burström [8] et de Tukey [9]. Relevons enfin avec Slankis [10] l'absence presque totale de poils absorbants.

(*) Séance du 16 novembre 1953.

(1) P.-É. Pilet, *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.*, 10, 1951, p. 137; *Bull. Soc. Bot. suisse*, 61, 1951, p. 410; *Experientia*, VII/7, 1951, p. 262; *Phyton* (Austria), 4, 1953, p. 247.

(2) *Plant Growth Substances. Univ. Wisconsin Press.*, 155, 1951.

(3) *Bot. Gaz.* 99, 1937, p. 301.

(4) Th. Solacolu et D. Constantinesco, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1985.

(5) *Bot. Gaz.*, 105, 1943, p. 268.

(6) *Amer. J. Bot.*, 37, 1950, p. 424.

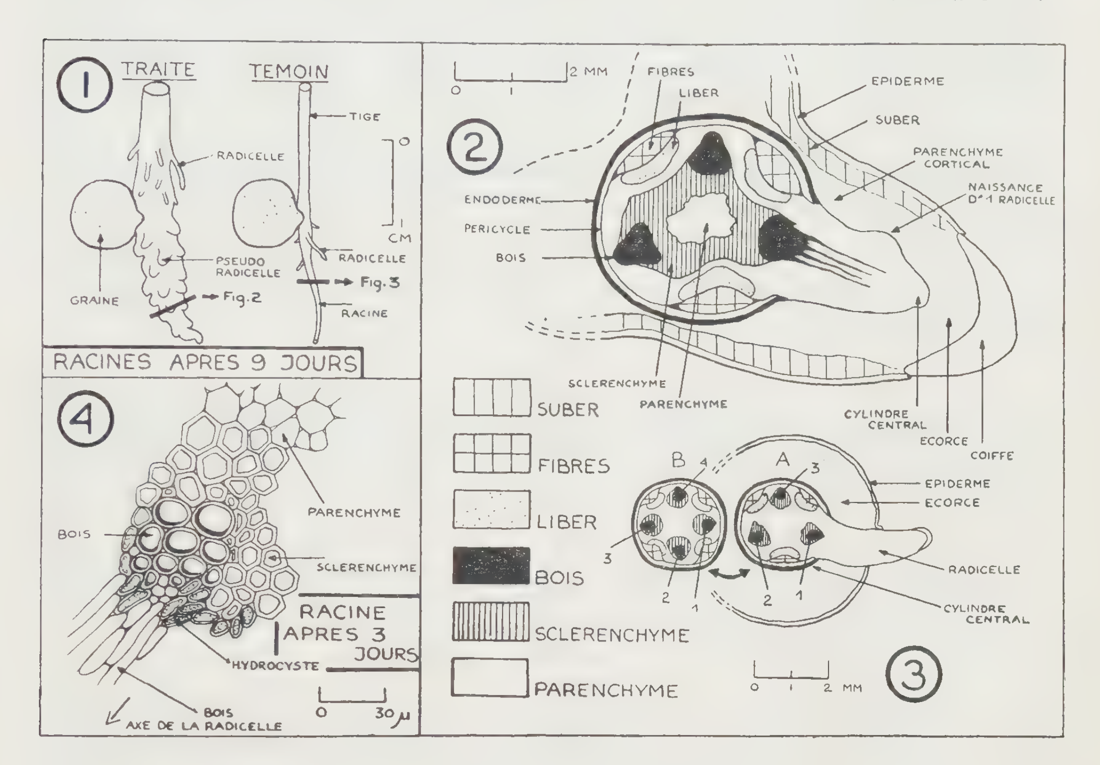
(7) P.-É. Pilet et W. Wurgler, *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 65, 1953, p. 397.

(8) *Lantor. Högsk. Ann. Uppsala*, 10, 1942, p. 209.

(9) H. B. Tukey, C. L. Hamner et B. Imhofe, *Bot. Gaz.*, 107, 1945, p. 62.

(10) *Svensk. Bot. Tidskrift*, Stockholm, 43, 1949, p. 603.

L'étude de la *structure interne* de la racine nous révèle de plus amples variations encore, analogues à celles que nous relevions dans un précédent Mémoire consacré à l'histophysiologie de la racine d'*Iris* et dans lequel figure une bibliographie détaillée relative à ces questions [11] (*fig.* 2).



Les cellules de l'épiderme et surtout celles de l'endoderme ne semblent pas avoir subi d'importantes modifications comme le relevait déjà Harrisson [3] contrairement aux observations de Bond [12]. Les cellules formant le suber ont augmenté en nombre et en volume ainsi que le remarquait Noirfalise [13]. Celles du parenchyme cortical sont plus nombreuses et forment un réseau très dense autour du cylindre central comme le notait Bond [12]. Relevons la désorganisation des éléments vasculaires que nous avions déjà signalé [14] ainsi que Watson [6], le développement intensif des tissus lignifiés (bois et sclérenchyme) également observé par Boureau [15]. La formation active des radicelles sous l'action de substances de croissance, diffère cependant de l'évolution normale de ces mêmes

(11) P.-É. Pilet et Ch. Pfister, *Bull. Soc. bot. suisse*, 61, 1951, p. 461.

(12) *Bot. Gaz.*, 109, 1948, p. 435.

(13) *La Cellule*, 48, 1939, p. 309.

(14) P.-É. Pilet, *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 64, 1950, 433.

(15) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 614.

éléments (*fig.* 3) et révèle une activation intense du péricycle ainsi que le notait Levan [16]. On observe en effet une déformation totale de la masse de la racine dans le premier cas (la radicelle, étant constituée par l'écorce même de la racine), alors que dans le second cas la formation de la radicelle est strictement endogène. Une étude histologique plus détaillée (*fig.* 4) indique la présence d'un grand nombre d'hydrocystes, confirmant ainsi les observations de Boureau [15]. Ces cellules paraissent devoir évoluer en vaisseaux de bois.

On peut expliquer le rôle des substances de croissance sur la morphologie des racines en admettant l'action directe de ces corps sur l'élasticité des membranes [11], sur la caryocinèse et sur la mobilisation des réserves [7], [17], comme de véritables catalyseurs ainsi que nous l'indiquions dans un Mémoire précédent [18].

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le principe antibiotique isolé de la Piloselle,* Hieracium Pilosella *L.* Note de MM. **Pierre Duquénois** et **Émile Greib**, présentée par M. Maurice Javillier.

On peut extraire de la Piloselle, à côté de substances flavoniques, une fraction cristallisée, antibiotique vis-à-vis de *Brucella melitensis* et de *Brucella abortus,* constituée par des oxycoumarines. La plus abondante a été isolée et identifiée avec l'hydroxy-7 coumarine.

A l'aide d'observations cliniques et d'expériences sur des cultures de *Brucella melitensis* et de *Brucella abortus*, nous avions démontré l'activité antibiotique des extraits de Piloselle et leur action curative dans la fièvre ondulante [1]. Au cours de ces recherches, nous avions isolé une fraction cristallisée, fortement antibiotique vis-à-vis de ces cultures. Nous lui avions provisoirement donné le nom de *piloselline*. La présente Note a pour but d'en indiquer la nature chimique.

Peu soluble dans l'eau froide, mais soluble à ébullition, soluble dans l'éthanol, dans l'oxyde d'éthyle chaud, cette fraction cristallisée dans le méthanol forme des aiguilles à peine jaunes, d'odeur très faiblement aromatique à froid, rappelant la coumarine à chaud. Chauffées progressivement, elles subliment vers 185° C en longues aiguilles isolées, minces et incolores. Elles fondent instantanément à 228-230° C (déc.).

La piloselline est soluble dans les alcalis sans coloration, tandis que le

---

(16) *Hereditas*, 25, 1939, p. 87.

(17) J. G. Torrey, *Amer. J. Bot.*, 37, 1950, p. 257.

(18) P.-É. Pilet et G. Turian, *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 65, 1953, p. 403.

(1) E. Greib et P. Duquénois, *Bull. Acad. Médecine*, 137, 1953, p. 319.

glucoside flavonique et sa génine, qui l'accompagnent dans les extraits, donnent ainsi une vive coloration jaune orangé. Les solutions alcalines de piloselline présentent une intense fluorescence bleue, tandis que le flavonoïde possède dans ces conditions une fluorescence jaune (flavonol). Par chromatographie sur colonne, on sépare complètement la fraction cristallisée précédente du flavonol qui la souille. Elle ne donne plus alors de coloration verte, en solution alcoolique, avec Fe^{+++}. La substance obtenue, non azotée, additionnée de soude, présente l'intense fluorescence caractéristique et la perd entièrement, comme les coumarines, par un long chauffage au cours duquel s'ouvre le cycle lactonique.

Le point de fusion élevé caractérise les oxycoumarines, par opposition aux coumarines et aux méthoxycoumarines. La chromatographie sur papier avec divers solvants mixtes (*n*-butanol, acétate d'éthyle, ammoniaque) sépare convenablement trois oxycoumarines ayant la même fluorescence bleu violacé en milieu ammoniacal, ne donnant de coloration ni avec Fe^{+++}, ni avec Na OH. Elles doivent être très voisines, mais l'une est de beaucoup plus abondante dans la Piloselle. Elle répond aux propriétés de l'*hydroxy-7 coumarine* ou ombelliférone. Elle n'en abaisse pas le point de fusion. Elle est soluble dans l'acétone, un peu à froid dans l'acétate d'éthyle et dans le chloroforme, soluble sans coloration dans l'acide sulfurique concentré avec fluorescence bleue. Elle ne réduit pas le nitrate d'argent à froid. La réaction de Labat est négative (différence avec la méthylènedioxy-6.7 coumarine de F 231-232°). Le R_F est identique à celui de l'ombelliférone, tandis que le R_F de la méthyl-5 ombelliférone (F 248_0) est nettement supérieur. L'étude des dérivés est en cours pour vérifier la constitution.

Dores et déjà nous avons contrôlé que l'activité antibiotique de l'ombelliférone de synthèse est du même ordre que celle de la piloselline naturelle. La série des hydroxy-7 coumarines s'avère d'un intérêt certain pour la chimiothérapie des brucelloses.

Du point de vue phytochimique, l'hydroxy-7 coumarine, fréquente chez les Ombellifères avait déjà été isolée de quelques Composées, en particulier de *Matricaria Chamomilla* L.

ÉCONOMIE RURALE. — *Antibiotiques et phénomènes digestifs chez le Porc. Influence de l'auréomycine*. Note (*) de Mme **Geneviève Charlet-Léry**, MM. **André C. François**, **André M. Leroy**, et **Jean-P. Vachel**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les antibiotiques ingérés à dose convenable peuvent stimuler la croissance

(*) Séance du 9 novembre 1953.

de différentes espèces animales. Jukes et ses collaborateurs ([1]), et Carpenter ([2]) ont notamment montré l'influence favorable de l'auréomycine sur la croissance du Porc. Bien que les résultats obtenus soient parfois contradictoires et varient avec différents facteurs tels que l'alimentation et l'environnement microbien, l'accélération de la croissance par les antibiotiques est actuellement nettement établie. Les mécanismes d'action sont toutefois encore très obscurs. Parmi ceux-ci, l'amélioration de l'absorption intestinale a été invoquée. Récemment, Ferrando, Bost et Brenot ([3]) ont montré en utilisant des fragments d'iléon de Rat, que l'absorption de l'azote d'un hydrolysat de caséine était souvent accrue en présence d'auréomycine.

Au moment où était publié ce dernier travail, nous étudiions l'influence de l'auréomycine sur l'utilisation digestive des aliments par le Porc. Trois animaux de race Large White, pesant respectivement 55, 59 et 66 kg au début de l'expérience, atteignaient après six semaines, 78, 80 et 94 kg.

L'aliment consommé au cours de l'expérience présentait la composition ci-après : manioc 35 %, orge 30 %, avoine 10 %, tourteau de soja 5 %, farine de viande 3 %, babeurre sec 4 %, levure de distillerie 8 %, tourteau de lin 2 %, farine de luzerne 3 %. L'analyse de ce mélange donnait les résultats ci-après : matière sèche 93,7 %, matières minérales 7,46, matières azotées ($N \times 6{,}25$) 17,7. matières grasses 3,04, matières cellulosiques 6,22, extractifs non azotés 38,7, En outre 3 000 U. I. de vitamine A et 600 U. I. de vitamine D étaient distribuées chaque jour aux animaux sous forme d'huile de foie de poisson. L'aliment était consommé sous forme humide et l'antibiotique lui était mélangé immédiatement avant le repas, à la dose de 20 mg de chlorhydrate d'auréomycine par kilogramme de mélange sec.

Les mesures d'ingesta et d'excréta étaient effectuées quotidiennement selon la méthode décrite par deux d'entre nous ([4]), et nous établissions le coefficient d'utilisation digestive.

$$\text{C.U.D.} = \frac{\text{Élément ingéré} - \text{Élément fécal}}{\text{Élément ingéré}}.$$

Les analyses des échantillons moyens d'aliments et de fèces portaient sur la matière sèche, les matières minérales totales, l'azote, les matières organiques, grasses et cellulosiques, sur les extractifs non azotés ainsi que sur la cellulose vraie dosée par la méthode de Kurschner et Hoffer ([5]).

([1]) T. H. Jukes, E. R. L. Stokstad, R. R. Taylor, T. J. Cunha, H. M. Edwards, G. B. Meadows, *Arch. of Bioch.*, **26**, 1950, p. 324.

([2]) *Arch. of Bioch.*, **27**, 1950, p. 469.

([3]) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 1618.

([4]) A. M. Leroy, G. Lery, S. A. Zelter, *Ann. Zoot.*, **1**, 1952, p. 29.

([5]) *Tech. Chem. Paper Zellstoff Fab.* **26**, 1929, p. 125; **31**, 1934, p. 14.

Après une période d'adaptation qui a duré douze jours la digestibilité de l'aliment de base était étudiée pendant une période de dix jours. L'aliment additionné de 20 mg de chlorhydrate d'auréomycine par kg de produit sec, était ensuite distribué pendant vingt-six jours. Après six jours d'adaptation au régime expérimental, les bilans complets étaient établis au cours de deux périodes successives de dix jours chacune.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Coefficients moyens d'utilisation digestive des divers principes (en %)

	Période I. Témoin.	Période II. (Auréomycine).	Période III. (Auréomcyine).
Matière sèche	76,2 ± 0,2	76,0 ± 1,2	75,7 ± 0,5
Matières minérales	36,3 ± 3,0	29,8 ± 2,0	25,6 ± 2,5
Matières organiques	79,6 ± 0,3	79,9 ± 1,0	79,8 ± 0,3
Azote	79,4 ± 0,2	79,9 ± 1,1	79,7 ± 0,1
Matières grasses	45,5 ± 3,2	42,2 ± 3,1	54,1 ± 11,5
Cellulose Weende	21,1 ± 3,2	16,8 ± 6,7	23,2 ± 0,7
Cellulose Kurschner	22,0 ± 1,3	22,0 ± 4,0	21,0 ± 2,2
Extractifs non azotés	87,9 ± 0,3	88,2 ± 1,0	87,3 ± 0,6

L'auréomycine n'a donc exercé aucune influence significative sur la digestibilité des différents principes organiques de la ration ; en particulier, celle de l'azote n'a pas varié. On ne peut toutefois conclure de ces faits que l'utilisation digestive n'ait pas subi de modifications. En effet, deux mécanismes opposés peuvent jouer en la circonstance : d'une part, l'accroissement éventuel de l'absorption intestinale sous l'effet de l'antibiotique; d'autre part, l'accroissement de l'excrétion d'azote fécal bactérien provenant de la stimulation de la croissance de certains microorganismes par le même agent (6). On sait que la digestibilité de l'azote de ces microorganismes est vraisemblablement inférieure à celle des aliments (7). Par ailleurs, il n'est pas possible d'attribuer une signification aux modifications observées dans la digestibilité des matières minérales totales.

En conclusion, le chlorhydrate d'auréomycine, à la dose de 20 mg par kilo n'a provoqué aucune modification des coefficients d'utilisation digestive des principes dosés habituellement dans les aliments pour porcs. Il conviendrait, toutefois, d'étudier de façon plus approfondie l'utilisation digestive, particulièrement celle des différentes formes d'azote alimentaire.

---

(6) J. H. Bridges, I. A. Dyer, J. J. Powers, *J. Ann. Sc.*, **12**, 1953, p. 96.

(7) M. L. Mc Naught, J. A. B. Smith, K. M. Henry, S. K. Kon, *Bioch. J.*, **46**, 1950 p. 32-36.

CHIMIE AGRICOLE. — *Diffusion et migration des éléments fertilisants sous forme de produits granulés.* Note de M. **Jean Muller**, présentée par M. Albert Demolon.

La granulation des engrais pose le problème de la distribution dans le sol des éléments fertilisants apportés à cet état. Nous l'avons étudié simultanément dans divers gels (gélose et silicogel), dans du sable siliceux pur et dans un limon moyen maintenus à deux humidités différentes, suivant une technique adoptée par A. Demolon [1]. Au centre de la masse on enfonçait par pression du doigt un granule sphérique de 100 mg constitué par un mélange homogène de nitrate d'ammonium [(25 %, de KCl (25 %), de superphosphate à 16 % de P_2O_5 (50 %)]. A côté de la diffusion horizontale, observée en boîte de Pétri, celle se produisant verticalement a été étudiée dans des éprouvettes, le granule étant placé à mi-hauteur de la colonne.

Au bout d'un temps variable (24 h et 6 jours) le granule était enlevé à l'aide d'un emporte-pièce. On analysait ensuite séparément les deux zones A et B limitées à 3 et 6 cm du granule et le granule lui-même.

KCl et NO_3NH_4 diffusent rapidement. Dans les gels, la diffusion du sulfate de calcium dihydraté présent dans le superphosphate est beaucoup plus lente.

Dans la gélose, le silicogel et le sable, le phosphate monocalcique migre rapidement, la teneur en P_2O_5 des granules tombe respectivement au bout de 6 jours pour ces divers milieux à 10 %, 12 % et 17 % de P_2O_5 introduit initialement, mais le milieu n'est pas encore parfaitement homogène au bout de ce laps de temps. Dans la terre la diffusion reste limitée à la zone avoisinant le granule, même pour une humidité de 18 %. L'effet de localisation est alors maximum.

L'influence de l'humidité se manifeste par deux faits essentiels :

1° La vitesse de diffusion se trouve doublée dans le sable quand l'humidité passe de 6 à 12 %, tandis que dans la terre une augmentation de 9 à 18 % de l'humidité initiale n'entraîne qu'une augmentation de la vitesse de diffusion de 1,2 à 1,4.

2° En ce qui concerne la répartition de ces divers éléments dans les zones A et B : la diffusion rapide et la migration de tous les éléments se traduisent par une homogénisation presque parfaite au bout de 6 jours dans les gels, c'est-à-dire en l'absence d'eau mobile. Dans le sable et dans la terre on voit se former en un temps très court autour du granule, par hygroscopicité et de façon à peu près indépendante du taux d'humidité,

---

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 595.

Pourcentage des divers éléments retrouvés dans les zones A et B et restant dans le granule.

			NH_4.	NO_3.	K_2O.	Cl.	SO_4	P_2O_5 soluble eau.	P_2O_5 soluble acide citrique.
Gélose neutre à 1 %.									
	24 h	Zone B	12	12	9	16	9	Traces	–
	24 h	» A	73	70	90	80	35	77	–
	24 h	Granule	15	18	1	4	56	23	
	6 j	Zone B	62	69	74	72	47	59	
	6 j	» A	25	27	26	28	25	31	–
	6 j	Granule	13	4	Traces	Traces	28	10	
Silicogel dialysé, pH : 6,5.									
	24 h	Zone B	13	11	9	–	7	Traces	–
	24 h	» A	64	61	91	–	35	64	–
	24 h	Granule	23	28	Traces	–	58	36	
	6 j	Zone B	62	69	74	–	69	48	
	6 j	» A	24	23	26	–	24	40	
	6 j	Granule	14	8	Traces	–	27	12	
Sable siliceux.									
Humidité 6 %	24 h	Zone B	3	11	4	8	5	2	6
Humidité 6 %	24 h	» A	80	67	49	72	10	38	12
Humidité 6 %	24 h	Granule	17	22	47	20	85	24	18
Humidité 6 %	6 j	Zone B	30	34	34	25	42	5	9
Humidité 6 %	6 j	» A	57	56	44	65	22	43	19
Humidité 6 %	6 j	Granule	13	10	22	10	36	12	12
Humidité 12 %	24 h	Zone B	14	14	12	17	5	7	8
Humidité 12 %	24 h	» A	70	72	66	74	10	43	14
Humidité 12 %	24 h	Granule	16	14	22	9	85	16	12
Humidité 12 %	6 j	Zone B	39	37	50	48	42	16	15
Humidité 12 %	6 j	» A	51	59	47	48	22	32	20
Humidité 12 %	6 j	Granule	10	4	3	4	36	8	9
Terre, pH : 6,5.									
Humidité 9 %	24 h	Zone B	5	4	6	Traces	Traces	Traces	1
Humidité 9 %	24 h	» A	64	61	40	67	»	»	5
Humidité 9 %	24 h	Granule	31	35	54	33	100	27	67
Humidité 9 %	6 j	Zone B	22	7	11	3	Traces	Traces	5
Humidité 9 %	6 j	» A	65	80	54	92	»	»	15
Humidité 9 %	6 j	Granule	13	15	35	5	100	23	57
Humidité 18 %	24 h	Zone B	3	6	8	4	Traces	Traces	2
Humidité 18 %	24 h	» A	70	78	54	80	3	»	10
Humidité 18 %	24 h	Granule	27	17	38	16	97	26	62
Humidité 18 %	6 j	Zone B	22	31	25	61	1	Traces	10
Humidité 18 %	6 j	» A	65	62	50	36	14	»	35
Humidité 18 %	6 j	Granule	13	7	25	3	85	16	39

une solution concentrée qui persiste après 6 jours, intensifiant ainsi l'action de l'engrais par rapport à la forme pulvérulente. Ce fait permet d'expliquer l'effet de la granulation, nocif ou favorable suivant les cas.

L'influence de la grosseur du granule a été étudiée dans le sable maintenu à une humidité de 12 % et pour des granules de 50 à 150 mg. La répartition des divers éléments dans ce milieu reste la même quel que soit le poids du granule, mais la dissolution étant plus rapide que la migration il s'établit au voisinage du granule un gradient de concentration qui est fonction du poids du granule.

La diffusion et la migration verticales des divers éléments présentent le même aspect que dans le sens horizontal, mais la vitesse est plus grande vers le bas que vers le haut.

PHYSIOLOGIE. — *Réaction de l'hibernant et du non-hibernant refroidi aux agressions opératoires.* Note (*) de MM. **Jean Giaja** et **Vojin Popović**, présentée par M. Paul Portier.

L'hibernant, le Spermophile, à l'état de torpeur hibernale, réagit aux agressions opératoires par une brusque élévation de l'intensité de ses combustions organiques, prélude de son réveil. Mais pris à l'état de veille et refroidi artificiellement, on obtient l'état de poïkilothermie, différent de l'hibernation naturelle, état dans lequel il est, comme le Rat refroidi, passif envers les agressions.

Les Mammifères non-hibernants, par des procédés expérimentaux, peuvent être refroidis à des températures plus ou moins basses, selon l'espèce considérée, au-dessous de 15°C pour le Rat blanc, avec rétablissement ultérieur complet. A première vue, le non-hibernant ainsi refroidi ressemble singulièrement à l'hibernant à l'état de sommeil hibernal : profonde léthargie avec consommation d'oxygène très abaissée par rapport à celle de l'état normal. Cependant, comme il ressort d'une étude comparative du Rat refroidi à 15° et du Spermophile (*Citellus citellus*) à l'état d'hibernation (1), ces deux états d'hypothermie sont foncièrement différents. Entre autres, l'hibernant peut se réchauffer spontanément, par ses propres moyens, tandis que le non-hibernant profondément refroidi ne peut être ranimé que par réchauffement artificiel venant de dehors.

Cette différence entre la « poïkilothermie expérimentale » et l'hibernation naturelle se manifeste nettement dans les tentatives d'emploi de ces états de léthargie en physiologie opératoire. Nous avons signalé (2) l'emploi que nous faisons en physiologie opératoire de l'« anesthésie phy-

(*) Séance du 9 novembre 1953.

(1) Vojin Popović, *Éditions de l'Académie serbe des sciences*, **199**, **7**, Belgrade, 1952.

(2) J. Giaja et R. Andjus, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1170.

sique » du Rat à l'état de profonde hypothermie. Refroidi à 15°, le Rat ne réagit pas aux agressions opératoires ni par des mouvements ni par l'intensité de ses oxydations organiques. Il en est tout autrement de l'hibernant : même à l'état de profonde torpeur hibernale, avec une température centrale au-dessous de 15°, le Spermophile, qui est un des représentants des hibernants à profond sommeil hibernal, réagit immédiatement à une agression opératoire de quelque importance par une brusque élévation de ses échanges respiratoires et par des mouvements généralisés qui sont le prélude de son réveil. Les expériences suivantes mettent en pleine lumière cette différence entre les deux états de profonde hypothermie.

Un Rat de 250 g est refroidi jusqu'à 16,5° de température rectale par la méthode de confinement (hypoxie hypercapnique). Sa consommation d'oxygène dans cet état d'hypothermie est de 138 cm^3/kg/h. On pratique une opération consistant à pénétrer dans la cavité abdominale, par une incision dorsale, et à l'explorer sans ménagements à l'aide d'un tampon au bout d'une petite pince. Le sujet ne manifeste aucune réaction visible. L'opération terminée, sa température n'ayant pas varié, on mesure sa consommation d'oxygène qui, également, n'a pas varié (146 cm^3). Réchauffé ensuite artificiellement, le sujet s'est complètement rétabli.

Pratiquons la même opération sur un Spermophile à l'état d'hibernation. Sa température est de 11°, sa consommation d'oxygène est de 103 cm^3/kg/h. Dès l'incision de la peau il commence à réagir par des mouvements généralisés; sa respiration s'accélère. L'opération terminée, la température du sujet étant de 12°, on mesure sa consommation d'oxygène : elle est de 2 165 cm^3/kg/h, c'est-à-dire qu'elle a augmenté de plus de vingt fois en l'espace d'un quart d'heure environ à partir du commencement de l'opération. Une heure plus tard sa température est de 36°, celle du milieu ambiant est de 16°. Comme on le voit, l'hibernant à instantanément réagi à l'agression par retour à l'homéothermie.

Ces expériences montrent que l'état d'hibernation naturelle ne présente pas, au point de vue de la passivité de l'organisme envers l'agression opératoire, l'avantage offert par la poïkilothermie expérimentale du non-hibernant. C'est que l'hibernation n'est pas une anesthésie dans le sens chirurgical.

Cependant, chez l'hibernant également on peut obtenir la passivité de la poïkilothermie expérimentale du Rat, à condition de le faire sortir de la torpeur hibernale et qu'une fois complètement revenu à l'état de veille on procède à son refroidissement forcé par le même procédé employé pour le non-hibernant, ainsi que le montre l'expérience suivante.

Un Spermophile depuis plusieurs jours revenu à l'état d'euthermie est refroidi par la méthode de confinement jusqu'à 10,8° de température rectale. Sa consommation d'oxygène est de 320 cm^3/kg/h. On pratique la

même intervention opératoire que dans les expériences précédentes. Le sujet ne réagit que par quelques réflexes musculaires localisés. L'opération terminée, sa température étant de 11°, on mesure sa consommation d'oxygène que l'on trouve être exactement celle précédant l'opération. Laissé à la température ambiante de 16°, le Spermophile se ranime lentement.

En somme, pour obtenir chez l'hibernant l'état de passivité de ses combustions envers l'agression, on doit substituer à l'hibernation naturelle l'hypothermie obtenue par refroidissement forcé.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Recherches sur la dégradation de l'acide urique chez les Hémiptères aquatiques.* Note de MM. **Raymond Poisson** et **Pierre Razet**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'excrétion de l'acide urique chez les Hémiptères Hétéroptères a été, à notre connaissance, assez peu étudiée jusqu'ici. L'un de nous ([1]) a précédemment décrit la présence de sphérules d'urates dans l'hypoderme dorsal de larves de certains Cryptocérates (*Pleidæ*, *Notonectidæ*, *Nepidæ*) chez esquels cette assise, jouant le rôle de rein d'accumulation, mobilise, d'une manière transitoire, les produits de dégradation des nucléoprotéines. Mais chez les autres Cryptocérates, semble-t-il, et dans l'ensemble des Gymnocérates, sauf chez *Rhodnius* ([2]), on ne sait que peu de choses sur les destinées de l'acide urique.

Désireux d'apporter une contribution à l'étude de cette question, nous avons recherché, par les mêmes méthodes que précédemment ([3]), si les enzymes de l'uricolyse existent chez les Hémiptères aquatiques. Parmi les Aquatiques de surface (Gymnocérates), nous avons étudié diverses espèces des genres *Velia*, *Aquarius*, *Gerris*, et chez les Aquatiques de pleine eau (Cryptocérates), les genres *Notonecta*, *Nepa*, *Ranatra*, *Naucoris* et *Corixa*.

Les résultats, consignés dans le tableau ci-après, montrent que tous les Gymnocérates étudiés oxydent l'acide urique et excrètent de l'allantoïne; cet uréide a été mis en évidence chaque fois qu'un matériel suffisant nous a permis d'en effectuer la recherche : chez les imagos de *Velia saulii*, *Gerris lacustris* et *Aquarius paludum*. Cette dernière espèce en contient jusqu'à 0,4 mg/g d'insecte.

([1]) R. Poisson, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 50, 1925, p. 116.

([2]) V. B. Wigglesworth, *J. Exp. Biol.*, 8, 1931, p. 411.

([3]) R. Poisson et P. Razet, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1804; P. Razet, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2566; **236**, 1953, p. 1304.

Tableau de répartition des enzymes uricolytiques chez les Hémiptères aquatiques.

a. Gymnocérates.

	Uricase.	Allantoinase.	Allantoicase.	Uréase.
Velia saulii Tam. larves, stade V.....	+	—		
» adultes...........	+	—	—	—
Aquarius paludum (Fab.) adultes...	+	—	—	—
Gerris lacutris L. adultes...........	+	—	—	—

b. Cryptocérates adultes.

	Uricase.	Allantoinase.	Allantoicase.	Uréase.
Nepa cinerea L....................	+	+	—	—
Renatra linearis L.................		—	—	—
Naucoris cimicoides L..............	+		—	—
» *maculatus* Fab............	+	—		
Notonecta obliqua Gall.............	+	+	—	
» *glauca* L................	+	—	—	—
» *maculata* Fab...........	+	—	—	—
Corixa punctata Illig..............	—	—	—	—

Parmi les Cryptocérates, aquatiques de pleine eau, les résultats sont plus variés. Chez *Nepa cinerea* et *Notonecta obliqua*, les deux enzymes, uricase et allantoïnase, sont présents, et l'on peut penser que la dégradation de l'acide urique est conduite, au moins en partie, jusqu'au stade acide allantoïque; cependant nous n'avons pu mettre en évidence ce dernier uréide. Les deux autres espèces étudiées du genre *Notonecta*, ainsi que *Ranatra linearis*, *Naucoris* (s. g. *Ilyocoris*) *cimicoides* et *Naucoris* (s. g. *Naucoris*) *maculatus*, ne renferment que l'uricase. Nous avons pu caractériser de très petites quantités d'allantoïne dans le genre *Notonecta*. De plus, la teneur en enzyme des espèces étudiées de ce dernier genre est toujours peu élevée et l'on peut se demander si l'acide urique est totalement détruit. Enfin *Corixa punctata* ne possède pas d'enzymes uricolytiques.

Peut-être existe-t-il chez les Hémiptères Cryptocérates, de même que chez les Coléoptères aquatiques ainsi que l'avait suggéré Rocco [4], une relation entre le mode de vie et le catabolisme de l'acide urique : les *orixa*, herbivores (mangeurs d'algues), sont uricotéliques, tandis que les autres espèces, carnassières, sont uricolytiques. Mais cette hypothèse ne semble pas valable pour les Gymnocérates terrestres : Wigglesworth [2] a prouvé en effet que le Réduviide *Rhodnius prolixus*, carnassier, suçeur de sang, excrète de l'acide urique, et chez le Lygæoïde *Pyrrhocoris apterus*, dont l'alimentation est, au moins en grande partie, végétale, nous avons trouvé de l'uricase et de l'allantoïne, comme chez les espèces prédatrices, vivant à la surface des eaux : *Velia saulii*, *Gerris lacustris* et *Aquarius paludum*.

---

(4) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1006.

VIROLOGIE. — *Sur une méthode de diagnostic sur tubercule de la maladie de l'enroulement de la Pomme de terre.* Note de M. **Pierre Cornuet**, présentée par M. Albert Demolon.

Le virus de l'Enroulement de la Pomme de terre est l'un de ceux dont l'infection se traduit, chez cette plante, par les chutes de rendement les plus importantes. De très nombreux travaux lui ont été consacrés pour cette raison. Cependant nous ignorons tout encore de ses propriétés intrinsèques, notamment de sa morphologie et de ses facultés antigéniques. On ne s'étonnera donc pas si nous ne disposons actuellement, pour éprouver les plantes suspectes, que de méthodes de diagnostic basées exclusivement sur la symptomatologie : soit que l'on examine au microscope les lésions histologiques du liber sur des coupes transversales de tiges de Pommes de terre; soit que, faisant usage de l'insecte vecteur, on tente de transmettre à des hôtes différentiels réagissant par des symptomes bien nets (exemple *Datura Tatula* ou *Physalis angulata*) le virus que les plantes testées sont supposées contenir. La première technique est peu fidèle, la deuxième trop longue et délicate pour passer dans le domaine de la pratique courante. Or le besoin d'un test rapide et sûr est urgent : en effet le diagnostic sérologique permet d'éliminer avant la plantation les familles de sélection généalogique infectées par les virus X et Y, mais le fait que le virus de l'Enroulement échappe à l'examen hivernal des tubercules diminue l'intérêt de l'opération.

Un récent travail de R. M. Allison (1) nous a conduit à mettre au point une technique de diagnostic de la maladie de l'Enroulement. Étudiant, à l'aide de la chromatographie sur papier, la teneur en acides aminés libres de tubercules sains et malades, cet auteur a en effet mis en évidence une augmentation de la concentration en acide glutamique et en glutamine sous l'effet de l'infection. La technique chromatographique d'Allison permet ainsi le dépistage des plantes malades et peut servir au diagnostic. Elle est cependant trop délicate et minutieuse pour être appliquée en grande série dans les laboratoires de campagne chargés du diagnostic. Nous avons donc tenté de tirer profit des résultats d'Allison pour mettre au point une technique de diagnostic beaucoup plus simple permettant de déceler les tubercules riches en glutamine.

Le principe est emprunté à H. B. Vickery et collab. (2), (3) qui l'ont mis à profit pour le dosage de la glutamine. Nous avons repris la méthode au

---

(1) *Nature*, 171, n° 4352, 1953, p. 573.

(2) H. B. Vickery et coll. *Biochem. J.*, 29, 1935, p. 2710-2712.

(3) F. G. Steward, H. E. Street, *Plant physiol.*, 21, 1946, p. 155-193.

point de vue qualitatif en la simplifiant. Il s'agit en bref d'hydrolyser la glutamine à un pH voisin de 7, puis de mettre en évidence l'ammoniac ainsi libéré. La présence d'asparagine, plus résistante, ne trouble pas les résultats.

Notre technique peut être détaillée comme suit : une rondelle de 5 à 6 g est découpée dans le tubercule à tester, puis congelée; on extrait le jus à l'aide d'une petite presse; sur 1,5 cm^3 de jus on précipite les protéïnes par addition de 4 cm^3 d'alcool à 95° et on élimine le précipité par centrifugation de façon à obtenir un extrait alcoolique titrant 70° dans lequel se retrouvent les acides aminés libres; on ajoute à cet extrait 6 cm^3 d'un tampon de Clark et Lubs (phosphate monopotassique et Borax) ou de Sörensen (phosphate monopotassique et phosphate disodique) de pH 7; le liquide est alors introduit dans un tube à essai de 24 × 200 mm que l'on obture avec un bouchon de caoutchouc portant un réfrigérant à air (tube de 1 m de long et 4 mm de diamètre) avant de le déposer dans un bain d'eau bouillante pour une période de 2 h à l'issue de laquelle la glutamine hydrolysée est passée à l'état de glutamate d'ammonium; après refroidissement l'ion ammonium est alors mis en évidence par le réactif de Nessler (iodomercurate de potassium en milieu alcaclin) dont 0,5 cm^3 est ajouté à chaque tube; les hydrolysats de tubercules sains prennent alors une couleur jaune tandis que ceux des tubercules malades sont orangés.

La coloration doit être appréciée assez rapidement car le réactif précipite avec le milieu. On dispose de 15 mn pour faire la lecture avec le tampon de Clark, contre 5 mn avec celui de Sörensen. La lecture peut aussi être effectuée après précipitation sur le liquide surnageant.

La technique a été éprouvée, pendant la période de végétation en pleine terre, sur des tubercules choisis parmi les variétés *Bintje*, *Ackersegen*, *Arran Banner*, *Institut de Beauvais*, *Voran*, *Ostbote*, *Ker Pondy*, *Flora.* D'après les symptômes du feuillage de leur plante-mère les tubercules de chaque variété étaient répartis en trois lots : présumés sains, douteux, infectés. Tous les tubercules infectés ont fourni une réaction positive (25 tubercules) 6 tubercules douteux sur 10 et 9 tubercules présumés sains sur 30 ont également réagi positivement.

En outre des tubercules d'excellent état sanitaire en provenance des centres de sélection bretons ont été testés en vue de savoir si la méthode ne donnait pas de réactions positives aberrantes : 50 tubercules de la variété Bintje, 25 de la variété Arran Banner ont donné des réactions négatives, 1 tubercule sur 25 de la variété Ackersegen a donné une réaction positive, soit 1 réaction positive sur 100 tubercules testés.

Cette méthode de diagnostic se prête à des examens pendant le repos végétatif et permet de réaliser de nombreux tests avant la plantation.

La seule petite difficulté réside, pour un débutant, dans l'appréciation des couleurs; des témoins seront donc indispensables dans chaque série.

CANCÉROLOGIE. — *Transmission du carcinome d'Ehrlich chez la Souris à l'aide de suspensions contenant en moyenne une seule cellule par animal.* Note de MM. **Georges Rudali** et **Herbert Marcovich**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Dans les conditions appropriées, le carcinome ascitique d'Ehrlich peut être transmis à la Souris dans quasi 100 % des cas par inoculation intra-péritonéale d'une seule cellule cancéreuse.

Pour effectuer certaines recherches cancérologiques quantitatives, il est nécessaire de pouvoir transmettre le cancer au moyen d'un nombre restreint et contrôlable de cellules malignes.

La transmission des cancers par inoculation de cellules uniques a fait l'objet de plusieurs travaux. Furth et Kahn [1], isolant les cellules par micromanipulation, parvinrent à transmettre la leucémie avec une seule cellule leucémique mais au prix d'un pourcentage d'échecs considérable. Ishibashi [2], par la même méthode, inocula une seule cellule du sarcome de Yoshida à des rats, et vit ce cancer se développer chez quelques-uns de ces animaux. Les conditions expérimentales de ces recherches n'ont pas fourni des résultats favorables à un travail quantitatif satisfaisant.

Le présent travail montre que de telles conditions peuvent être remplies par le carcinome ascitique d'Ehrlich de la Souris [3] dont le tableau clinique est le suivant :

Les souris injectées par voie intrapéritonéale avec une suspension de cellules d'Ehrlich présentent, après un délai variable, une ascite parfois hémorragique dont l'animal succombe en quelques jours. Cette ascite, de 5 cm^3 en moyenne, contient en suspension des hématies, des leucocytes, des macrophages, et des cellules d'Ehrlich, bien isolées les unes des autres. L'aspect de ces dernières est très caractéristique; elles sont rondes, de 30 à 50 μ de diamètre, avec plusieurs noyaux et de grandes vacuoles. Leur nombre est de l'ordre de $2.10^7/cm^3$. Elles sont indéfiniment transmissibles de souris à souris.

Afin de déterminer l'unité infectante, c'est-à-dire le nombre minimum de cellules nécessaires pour transmettre d'une façon constante le carcinome, nous avons effectué des dilutions de plus en plus poussées à partir

---

(1) *Amer. J. Cancer*, 31, 1937, p. 276-282.
(2) *Gann*, 41, 1950, p. 1-14.
(3) H. Loewenthal et G. Jahn, *Z. Krebsforsch.*, 37, 1932, p. 439-447.

d'ascites dont la teneur en cellules cancéreuses était évaluée à l'hématimètre de Thoma. Les dilutions étaient faites en sorte que l'on ait un nombre de l'ordre de 10 cellules par centimètre cube. Chaque souris recevait 0,1 cm³ de suspension soit en moyenne, 1 cellule par animal. Trois expériences indépendantes ont été effectuées sur des lots de souris appartenant aux lignées RIII et XXXIX. Le liquide de dilution était du Dextran-Clin. Pour la troisième expérience (*voir* tableau) il fut ajouté au Dextran 1/10ᵉ de son volume de liquide d'ascite débarrassé de ses cellules par une centrifugation de 10 000 t/mn pendant 30 mn et gardé au préalable pendant 15 jours à 0°. Une expérience témoin a montré que ce liquide ne transmet pas le cancer d'Ehrlich et n'interfère pas avec la suspension cellulaire en Dextran. La survie moyenne des 65 souris cancérisées est de l'ordre de 21 jours. Au delà de 36 jours il n'a plus été observé d'ascite nouvelle. Les souris survivantes sont encore, après 60 jours, en parfait état.

Les liquides d'ascite recueillis au cours de ces expériences contiennent des cellules d'Ehrlich typiques et ceux dont la malignité a été contrôlée par inoculation intra-péritonéale à des souris témoins ont tous entraîné une ascite cancéreuse.

Le tableau suivant groupe les résultats obtenus :

Lignée.	Nombre de cellules dans l'ascite initiale.	Nombre moy. de cellules injectées par souris.	Nombre de souris injectées.	Nombre théorique.	Nombre de souris cancérisées.
1	2	3	4	5	6
R III............	$1,1.10^7$	1,1	14	8 ± 3	13
R III............	1.10^7	1	32	19 ± 4	16
XXXIX..........	$0,7.10^7$	0,7	58	30 ± 6	36

Nous avons figuré côte à côte, à la colonne 5, les nombres théoriques de réponses positives que l'on devait observer en supposant que chaque souris inoculée reçoit en moyenne une cellule, et, à la colonne 6, les nombres observés.

Nous pouvons conclure, étant donné la concordance entre les résultats obtenus et les résultats théoriquement prévisibles que

1° le liquide d'ascite ne transmet le carcinome d'Ehrlich que s'il contient des cellules malignes;

2° une seule cellule suffit alors pour assurer cette transmission;

3° puisque toutes les ascites développées contenaient des cellules cancéreuses en abondance et puisque l'ascite pure ne produit pas d'épanchement le liquide acellulaire n'apporte pas de substances susceptibles de provoquer un transsudat réactionnel. En d'autres termes, l'ascite apparaît comme

la conséquence directe de la greffe puis du développement des cellules d'Ehrlich.

Ainsi, l'inoculation intrapéritonéale d'une seule cellule, dans nos conditions expérimentales, provoque dans pratiquement tous les cas le développement d'un carcinome ascitique dont les cellules sont semblables à celle qui a été introduite. Sans entrer dans les détails d'un mécanisme actuellement à l'étude, soulignons que ce fait offre des perspectives d'expérimentation quantitative, telles qu'en bactériologie où l'on peut contrôler la survie d'une cellule par son pullulement dans un milieu nutritif approprié.

A 15 h 30 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Physique générale, par l'organe de M. le Président remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Jean Becquerel* :

En première ligne	M. **Pierre Auger**
En deuxième ligne, ex-æquo *et par ordre alphabétique*	Mme **Irène Joliot-Curie** M. **Francis Perrin**
En troisième ligne, ex-æquo *et par ordre alphabétique*	MM. **Alfred Kastler** **René Lucas** **Marcel Pauthenier**

A ces noms, l'Académie adjoint ceux de MM. **Marcel Laporte** et **Jean Lecomte**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17 h 45 m.

L. B.

